

Bidirectional thyristor with MOS turn-off capability with a single gate

Patent number: DE19523172
Publication date: 1996-02-01
Inventor: AJIT JANARDHANAN S (US)
Applicant: INT RECTIFIER CORP (US)
Classification:
- **International:** H01L29/749
- **European:** H01L29/745B, H01L29/747, H01L29/749
Application number: DE19951023172 19950626
Priority number(s): US19940272769 19940708

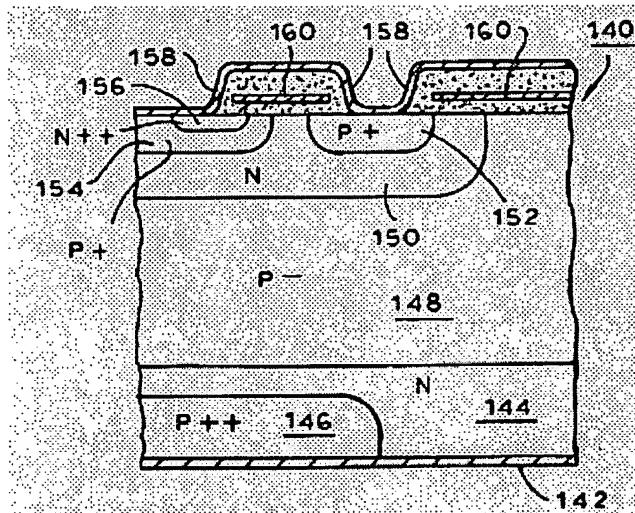
Also published as:

US5483087 (A1)
JP8172181 (A)
GB2292007 (A)
FR2722335 (A1)

Abstract not available for DE19523172

Abstract of correspondent: US5483087

A bidirectional thyristor structure with a single MOS gate controlled turn off capability. In a vertical conduction embodiment, the device has a six layer structure including a backside diffusion. One vertical conduction structure includes a single body region at the first surface of the device for conduction in both the forward and reverse directions. Another vertical conduction structure includes a two body regions at the first surface, one for controlling forward conduction and the other for controlling reverse conduction. The vertical conduction embodiments are preferably implemented in a cellular geometry, with a large number of symmetrical cells connected in parallel. The bidirectional thyristor of the present invention can also be provided in a lateral conduction structure for power IC applications.



Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide

⑩ BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

⑫ Offenlegungsschrift
⑩ DE 195 23 172 A 1

⑬ Int. Cl. 6:
H01L 29/749

DE 195 23 172 A 1

⑪ Aktenzeichen: 195 23 172.4
⑫ Anmeldetag: 28. 6. 95
⑬ Offenlegungstag: 1. 2. 96

⑭ Unionspriorität: ⑮ ⑯ ⑰
08.07.94 US 272769

⑮ Anmelder:
International Rectifier Corp., El Segundo, Calif., US
⑯ Vertreter:
G. Koch und Kollegen, 80339 München

⑰ Erfinder:
Ajit, Janardhanan S., Redondo Beach, Calif., US

⑲ Bidirektonaler Thyristor

⑳ Eine bidirektionale Thyristorstruktur weist eine Abschaltbarkeit auf, die durch ein einziges MOS-Gate gesteuert wird. Bei einer Ausführungsform mit vertikaler Stromleitung weist das Bauteil eine sechsschichtige Struktur unter Einschluß einer Rückseitendiffusion auf. Eine Struktur mit vertikaler Stromleitung schließt einen einzigen Körperebereich an der ersten Oberfläche des Bauteils für eine Leitung sowohl in den Vorwärts- als auch Rückwärtserrichtungen ein. Eine weitere Struktur mit vertikaler Stromleitung schließt zwei Körperebereiche an der ersten Oberfläche ein, von denen einer zur Steuerung der Vorwärts-Leitung und der andere zur Steuerung der Rückwärts-Leitung dient. Die Ausführungsformen mit vertikaler Stromleitung sind vorzugsweise in Form einer zellulären Geometrie mit einer großen Anzahl von symmetrischen Zellen ausgeführt, die parallelgeschaltet sind. Der bidirektionale Thyristor kann weiterhin in Form einer Struktur mit lateraler Stromleitung für Integrierte Leistungsschaltungen ausgebildet werden.

DE 195 23 172 A 1

Beschreibung

Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf einen bidirektionalen Thyristor und insbesondere auf eine bidirektionale Thyristorstruktur mit einer durch ein einziges MOS-Gate gesteuerten Abschaltbarkeit.

Leistungshalbleiterstrukturen, die bipolare Leistungsmechanismen mit einer MOS-Steuerung kombinieren, sind gut bekannt. Der ein isoliertes Gate aufweisende bipolare Transistor (IGBT) ist ein Beispiel für ein derartiges Bauteil, bei dem der Basisstrom einer bipolaren Struktur durch einen integrierten MOSFET gesteuert wird. Der IGBT ist so einfach zu steuern, wie ein Leistungs-MOSFET, doch weist er in vorteilhafter Weise einen niedrigen Durchlaßspannungsabfall, verglichen mit Leistungs-MOSFETs für Spannungen von mehr als 500 Volt auf. Der Durchlaßspannungsabfall der IGBT steigt an, wenn der IGBT für höhere Sperrspannungen (> 1000 Volt) ausgelegt wird.

Für höhere Spannungen wurde eine Thyristorstruktur entwickelt, die in vorteilhafter Weise einen niedrigeren Durchlaßspannungsabfall verglichen mit dem IGBT aufweist, und bei der ein Kathodenkurzschlußkreis über ein MOS-Gate geschaltet wird. Eine derartige Struktur, die als MOS-gesteuerter Thyristor oder MCT bekannt und in einer Veröffentlichung von V.A.K. Temple, IEEE International Electron Device Meeting (IEDM) Technical Digest, San Francisco (December 1984), Seiten 282–285, beschrieben ist, wird durch ein einziges MOS-Gate ein- und ausgeschaltet. Während der MCT eine unsymmetrische Struktur aufweist und Strom lediglich in einer Richtung leiten kann, wurden auch bidirektionale Thyristorstrukturen mit einer MOS-Abschaltbarkeit entwickelt, siehe beispielsweise die US-Patente 4 816 892 und 5 040 042. Diese bidirektionalen Thyristoren sind für Wechselspannungs-Schaltanwendungen brauchbar.

Bei üblichen MCT's und bidirektionalen Thyristoren wird ein leicht dotierter N⁺-Basisbereich (der Basisbereich des unteren PNP-Transistors) dazu verwendet, die Spannung im Sperrzustand aufzunehmen. Für schnelle Abschaltcharakteristiken ist die P-Basis des NPN-Transistors in wünschenswerter Weise mit Erdpotential verbunden, und die N-Basis des PNP-Transistors ist in wünschenswerter Weise mit dem hohen Anodenpotential verbunden. Die Verbindung der N-Basis mit dem hohen Anodenpotential kann jedoch nur dadurch erzielt werden, daß Anodenkurzschlüsse verwendet werden, wodurch die Rückwärts-Sperreigenschaften des Bauteils zerstört werden, oder durch die Verwendung von MOS-Gates auf der Rückseite des Bauteils, wie z. B. in den US-Patenten 4 816 892 und 5 040 042, wodurch die Herstellung des Bauteils schwierig wird.

Das US-Patent 4 857 983 auf den Namen von Baliga et al. beschreibt ein Bauteil (Fig. 1), bei dem durch die Verwendung einer N⁺-Diffusion 20 auf der Rückseite der Halbleiterscheibe rückwärts leitende Eigenschaften ohne die vorstehend genannten Nachtelle erzielt werden. In Fig. 1 wird das Bauteil in Vorwärtsrichtung (Anode positiv gegenüber der Kathode) dadurch eingeschaltet, daß ein ausreichend positives Potential an das Gate 2 angelegt wird, um einen n-Kanal in der P⁻-Basis 14 zu schaffen, wodurch der N⁺-Bereich 7 und der N⁺-Bereich 8 elektrisch miteinander verbunden werden, wobei der letztere seinerseits direkt mit der KathodenElektrode 6 verbunden ist. Hierdurch wird die aus vier Schichten bestehende Struktur, die durch die P-Schicht 10, die N⁻-Schicht 12, den P⁻-Bereich 14 und

den N⁺-Bereich 7 gebildet ist, mit der Kathode durch den in Serie liegenden N-Kanal-MOSFET verbunden, und die Struktur nimmt dann einen regenerativen leitenden Zustand an, wodurch eine aktive Basissteuerung an den sich bei dieser Struktur automatisch ergebenden bipolaren PNP-Transistor geliefert wird, der aus der P-Schicht 10, der N⁻-Schicht 12 und dem P⁻-Bereich 14 gebildet ist. Wenn die Gate-Spannung ausreichend weit verringert oder zu Null gemacht wird, so wird der N⁺-Bereich 7 von dem N⁺-Bereich 8 und von der Kathode entkoppelt, und die Leitfähigkeit hört auf.

Wie dies aus dem bekannten Bauteil nach Fig. 1 zu erkennen ist, bilden die Grenzfläche zwischen der N⁻-Schicht 12 und dem P⁻-Bereich 14 und die Grenzfläche zwischen der N⁻-Schicht 12 und dem P⁺-Bereich 16 die Vorwärts-Sperrgrenzschichten des Bauteils, und der größte Teil der Sperrspannung wird von der N⁻-Schicht aufgenommen, dem Basisbereich des unteren PNP-Transistors. Eine von Natur aus vorliegende parasitäre Thyristorstruktur ergibt sich in der Vorwärtsrichtung und ist durch die P-Schicht 10, die N⁻-Schicht 12, den P⁻-Bereich 14 und den N⁺-Bereich 8 gebildet.

In der Rückwärtsrichtung (Anode 4 negativ gegenüber der Kathode 6) und bei Anlegen eines ausreichend negativen Potentials an die Gate-Struktur 2 derart, daß alle MOS-Gates auf Null-Potential gehalten werden, erfolgt eine Leitung durch die vierstufige Struktur, die durch den P⁺-Bereich 16, die N⁻-Schicht 12, die P-Schicht 10 und den rückseitigen N⁺-Bereich 20 gebildet ist. Diese vierstufige Struktur ergibt eine regenerative Leitung in der Sperrrichtung. Bei Anlegen eines ausreichend positiven Potentials an die Gate-Struktur 2 hört die regenerative Leitung der vierstufigen Struktur auf, und zwar wegen der resultierenden n-Kanäle, die im P-Bereich 16 geschaffen werden, wodurch die N⁻-Schicht 12 mit den N⁺-Bereichen 22 und mit der hiermit verbundenen KathodenElektrode 6 kurzgeschlossen wird. Dieser Kurzschluß der PN-Grenzschicht zwischen dem P⁺-Bereich 16 und der N⁻-Schicht 12 verringert die Injektion aus dieser Grenzschicht und unterbricht eine regenerative Leitung. Die Grenzfläche zwischen der N⁻-Schicht 12 und der P-Schicht 10 bildet die Rückwärts-Sperrgrenzschicht des Bauteils, und der größte Teil der Sperrspannung wird von der N⁻-Schicht aufgenommen, dem Basisbereich des oberen PNP-Transistors.

In nachteiliger Weise ist bei dem Bauteil nach Fig. 1 die N⁻-Basis (N⁻-Schicht 12) des eine breite Basis aufweisenden PNP-Transistors nicht mit dem hohen Anodenpotential verbunden, wenn das Bauteil aus dem in Vorwärtsrichtung leitenden Zustand abgeschaltet wird, wodurch die Vorwärts-Abschaltigenschaften des Bauteils beeinträchtigt werden. Weiterhin weist, wie dies weiter oben erwähnt wurde, das Bauteil einen sich aufgrund der Struktur ergebenden parasitären Thyristor auf, der die MOS-Gate-Steureigenschaften des Bauteils im Vorwärts-Durchlaßzustand beeinträchtigt.

Es ist daher wünschenswert, einen durch ein einziges MOS-Gate gesteuerten bidirektionalen Thyristor ohne einen parasitären Thyristor und mit verbesserten Abschaltigenschaften zu schaffen.

Diese Aufgabe wird durch die im Patentanspruch 1 angegebenen Merkmale gelöst.

Vorteilhafte Ausgestaltungen und Weiterbildungen der Erfindung ergeben sich aus den Unteransprüchen.

Die vorliegende Erfindung ergibt eine neuartige,

durch ein MOS-Gate gesteuerte bidirektionale Thyristorstruktur, die die oben erwähnten Nachteile des Standes der Technik beseitigt und die vorstehend genannte Aufgabe löst.

Die vorliegende Erfindung erreicht diese Ziele dadurch, daß der größte Teil der Sperrspannung in dem Kollektorbereich des unteren PNP-Transistors im Vorwärts-Sperrzustand aufgenommen wird und daß der größte Teil der Sperrspannung in dem Kollektorbereich des oberen PNP-Transistors in dem Rückwärts-Sperrzustand aufgenommen wird.

Das Bauteil der vorliegenden Erfindung ist auf einer Scheibe aus Halbleitermaterial ausgebildet, die erste und zweite, mit Abstand voneinander angeordnete parallele ebene Oberflächen aufweist. Der Teil der Halbleiterscheibe, der sich von der ersten planaren Oberfläche aus nach unten erstreckt, bildet einen relativ leicht dotierten Substratbereich von einem ersten Leitungstyp zur Aufnahme von Grenzschichten. Der Teil der Halbleiterscheibe, der sich von der zweiten Halbleiterfläche aus nach oben erstreckt, bildet einen Basisbereich mit einem zweiten Leitungstyp, der entgegengesetzt zu dem ersten Leitungstyp ist.

Bei einer Ausführungsform mit vertikaler Leitung schließt das Bauteil einen einzigen Senkenbereich des zweiten Leitungstyps ein, der in dem Substratbereich ausgebildet ist und sich von der ersten Halbleiteroberfläche bis zu einer ersten Tiefe unterhalb der ersten Halbleiteroberfläche erstreckt. Der Senkenbereich weist in einer radial nach innen gerichteten Richtung entlang der ersten Halbleiteroberfläche einen Abstand auf, um einen ersten Kanalbereich in dem leicht dotierten Bereich von ersten Leitungstyp zu bilden.

Zumindest ein Körperteil vom ersten Leitungstyp ist in dem Senkenbereich ausgebildet und erstreckt sich von der ersten Halbleiteroberfläche bis zu einer zweiten Tiefe unterhalb der ersten Halbleiteroberfläche, die flacher als die erste Tiefe ist. Der Körperteil ist in Radialrichtung nach innen entlang der ersten Halbleiteroberfläche mit Abstand von dem Senkenbereich angeordnet, um einen zweiten Kanalbereich entlang der ersten Halbleiteroberfläche zwischen dem Körperteil und dem leicht dotierten Bereich in dem Senkenbereich zu bilden.

Ein Source-Bereich vom zweiten Leitungstyp ist in dem Körperteilbereich ausgebildet und erstreckt sich von der ersten Halbleiteroberfläche bis zu einer dritten Tiefe unterhalb der Halbleiteroberfläche, die flacher als die zweite Tiefe ist. Der Source-Bereich ist in Radialrichtung nach innen entlang der ersten Halbleiteroberfläche mit Abstand von dem Senkenbereich angeordnet, um einen dritten Kanalbereich auf dem Körperteilbereich entlang der ersten Halbleiteroberfläche zwischen dem Source-Bereich und dem Senkenbereich zu bilden.

Eine erste Elektrode ist auf der ersten Halbleiteroberfläche angeordnet und mit dem Körperteilbereich und dem Source-Bereich verbunden. Eine Gate-Isolationsschicht auf der ersten Oberfläche bedeckt zumindestens die Kanalbereiche. Eine Gate-Elektrode, die auf der Gate-Isolationsschicht angeordnet ist, liegt über den Kanalbereichen.

Ein relativ hoch dotierter Bereich in Form einer Rückseitendiffusion vom ersten Leitungstyp ist in einem Basisbereich des zweiten Leitungstyps ausgebildet und erstreckt sich von der zweiten Halbleiteroberfläche über einen Teil der zweiten Oberfläche. Eine zweite Elektrode ist auf der zweiten Halbleiteroberfläche angeordnet und mit der rückseitigen Diffusion und mit

dem Basisbereich vom zweiten Leitungstyp verbunden.

Der Körperteil und/oder der Senkenbereich können mit einem Profil versehen sein, das einen relativ tiefen, relativ hoch dotierten Bereich einschließt.

Bei einer alternativen Ausführungsform mit vertikaler Leitung schließt das Bauteil einen zweiten Körperteil vom ersten Leitungstyp ein, der in dem Senkenbereich ausgebildet ist, wobei der zweite Körperteil von dem relativ leicht dotierten Substratbereich über einen Abschnitt des Senkenbereichs getrennt ist. Die erste Elektrode ist mit dem zweiten Körperteil und dem Source-Bereich verbunden. Bei dieser Ausführungsform kann der Senkenbereich mit einem Profil versehen sein, das einen relativ tiefen, relativ hoch dotierten Teil einschließt.

Bei jedem der vorstehend genannten Ausführungsformen ist, wenn der erste Leitungstyp ein P-Halbleitermaterial ist, und der zweite Leitungstyp ein N-Halbleitermaterial ist, die erste Elektrode die Kathode des Bauteils, und die zweite Elektrode ist die Anode des Bauteils. Wenn umgekehrt der erste Leitungstyp N-Halbleitermaterial ist und der zweite Leitungstyp P-Halbleitermaterial ist, so ist die erste Elektrode die Anode des Bauteils und die zweite Elektrode ist die Kathode des Bauteils.

Bei einer bevorzugten Ausführungsform ist der bidirektionale Thyristor der vorliegenden Erfindung in Form einer Vielzahl von parallelgeschalteten, symmetrisch angeordneten Zellen ausgebildet, die auf einer Halbleiterscheibe angeordnet sind, und die erste Elektrode ist ein Gitter, das über den Körperteilen und den Senkenbereichen von benachbarten Zellen liegt. Die Zellen weisen vorzugsweise eine vieleckige Form auf. Die Zellen können jeweils einen relativ hoch dotierten diffundierten Bereich einschließen, der mit Abstand von dem Senkenbereich angeordnet ist und sich von der ersten Halbleiteroberfläche aus erstreckt, wobei der relativ hoch dotierte diffundierte Bereich zwischen jeweiligen Senkenbereichen von benachbarten Zellen angeordnet ist. Abschlußstrukturen können auf den ersten und zweiten Halbleiteroberflächen an der Kante des vollständigen Bauteils angeordnet sein.

Bei einer Ausführungsform der Erfindung mit lateraler oder seitlicher Leitung wird die relativ hoch dotierte Rückseitendiffusion zur ersten Oberfläche des Bauteils hinaufbewegt und in einem zweiten Senkenbereich des zweiten Leitungstyps angeordnet. Der zweite Senkenbereich ist mit seitlichem Abstand von dem ersten Senkenbereich angeordnet. Die zweite Elektrode ist bei dieser Ausführungsform ebenfalls auf der ersten Halbleiteroberfläche angeordnet und mit dem zweiten Senkenbereich und dem darin enthaltenen relativ hoch dotierten Bereich verbunden. Eine Grabenisolierung kann teilweise benachbart zu dem zweiten Senkenbereich vorgenommen sein.

Der bidirektionale Thyristor der vorliegenden Erfindung kann wahlweise mit einer integrierten MOS-Gate gesteuerten Einschaltzelle versehen sein.

In vorteilhafter Weise wird bei der Struktur der vorliegenden Erfindung der leicht dotierte Substratbereich, der beispielsweise eine Leitfähigkeit von P^- -Leitungstyp aufweist (und der dann den Kollektorbereich eines oberen PNP-Transistors bildet, der durch den P-Körperteil, den N-Senkenbereich und den P^- -Substratbereich gebildet ist, und der weiterhin den Kollektorbereich eines unteren PNP-Transistors bildet, der durch die P-Rückseitendiffusion, die N-Basis und das P^- -Substrat gebildet ist, und der außerdem den Basisbereich

eines unteren NPN-Transistors bildet, der aus den N-Senkengbereich, dem P-Substrat und dem N-Basisbereich gebildet ist), dazu verwendet, die Spannung sowohl in Vorwärts- als auch in Rückwärtsrichtung aufzunehmen. Diese Struktur ermöglicht einen Zugriff sowohl auf die N-Basis (den N-Basisbereich) des PNP-Transistors als auch auf die breite P-Basis (das P-Substrat), des NPN-Transistors während des Abschaltens aus dem leitenden Zustand in Vorwärtsrichtung. Während des Abschaltens aus dem leitenden Zustand in Vorwärtsrichtung wird die N-Basis des PNP-Transistors mit dem Anodenpotential verbunden, und die P-Basis des NPN-Transistors wird mit dem Kathoden-(Erd-)potential verbunden. Dies führt zu einem schnelleren Abschaltvermögen in Vorwärtsrichtung für die vorliegende Erfindung. In vorteilhafter Weise weist die Struktur der vorliegenden Erfindung keinen sich aus der Struktur ergebenden oder inhärenten parasitären Thyristor auf, und zwar weder in Vorwärts- noch Rückwärtsrichtung. Schließlich ergibt die vorliegende Erfindung nicht nur die vorstehenden Ziele und Vorteile, sondern sie weist auch ein Gate-gesteuertes Einschalten in Rückwärtsrichtung auf.

Damit ergibt die vorliegende Erfindung zum ersten Mal eine MOS-Gate-gesteuerte bidirektionale Thyristorstruktur ohne irgendeine parasitäre Thyristorstruktur und ohne irgendwelche auf der Rückseite angeordnete Gates, wobei gleichzeitig ein schnelles Abschaltvermögen in Vorwärtsrichtung und eine Stromsättigungseigenschaft in Vorwärtsrichtung erzielt wird, und dies alles mit einer einzigen Gate-Elektrode.

Weitere Merkmale und Vorteile der vorliegenden Erfindung werden aus der folgenden Beschreibung der Erfindung ersichtlich, die sich auf die beigefügten Zeichnungen bezieht.

In der Zeichnung zeigen:

Fig. 1 eine Querschnittsansicht des bekannten Bauteils gemäß der US-Patentschrift 4 857 983,

Fig. 2 eine Querschnittsansicht der Bauteilstruktur des drei Anschlüsse aufweisenden bidirektionalen Thyristors gemäß der vorliegenden Erfindung,

Fig. 3 die Bauteil-Charakteristik des drei Anschlüsse aufweisenden bidirektionalen Thyristors nach Fig. 2,

Fig. 4 eine Querschnittsansicht einer Ausführungsform der Erfindung mit zwei unterschiedlichen Arten von Zellen,

Fig. 5 eine Querschnittsansicht der Thyristorstruktur nach Fig. 4, wobei alle Schichten vom N-Leitungstyp in Schichten vom P-Leitungstyp und alle Schichten vom P-Leitungstyp in einen N-Leitungstyp geändert wurden,

Fig. 6 eine Querschnittsansicht der Thyristorstruktur nach Fig. 4 mit einer tiefen Senkendiffusion,

Fig. 7 eine Querschnittsansicht der Thyristorstruktur nach Fig. 5 mit einer tiefen Senkendiffusion,

Fig. 8 eine Querschnittsansicht einer Ausführungsform der Erfindung mit einer Stromsättigungscharakteristik sowohl in Vorwärts- als auch Rückwärtsrichtung,

Fig. 9 eine Querschnittsansicht der Thyristorstruktur nach Fig. 8, bei der alle Schichten vom N-Leitungstyp in den P-Leitungstyp und alle Schichten vom P-Leitungstyp in den N-Leitungstyp geändert wurden,

Fig. 10 eine Querschnittsansicht einer Ausführungsform der Erfindung, die keine zusätzliche Diffusion für die tiefen Bereiche der Senken erfordert,

Fig. 11 eine Querschnittsansicht der Thyristorstruktur nach Fig. 10, bei der alle Schichten vom N-Leitungstyp in den P-Leitungstyp und alle Schichten vom P-Leitungstyp in den N-Leitungstyp geändert wurden,

Fig. 12 eine Querschnittsansicht einer vollständigen Zelle des Thyristors nach Fig. 2,

Fig. 13 eine Querschnittsansicht einer vollständigen Zelle des Thyristors nach Fig. 2 mit einer tiefen Körperstruktur,

Fig. 14 eine Querschnittsansicht einer vollständigen Zelle des Thyristors nach Fig. 2 mit einer tiefen Körperstruktur, wobei alle Schichten vom N-Leitungstyp in den P-Leitungstyp und alle Schichten vom P-Leitungstyp in den N-Leitungstyp geändert wurden,

Fig. 15 eine erweiterte Querschnittsansicht der bevorzugten zellulären Konfiguration der vorliegenden Erfindung mit der Leitungspolarität nach Fig. 13,

Fig. 16 eine Draufsicht auf eine Gruppe von Zellen, die dann als eine Anordnung oder Matrix wiederholt wird, um das aktive Bauteil zu bilden,

Fig. 17 eine Draufsicht auf eine weitere mögliche Anordnung einer Gruppe von Zellen, die dann als Matrix zur Bildung des aktiven Bauteils wiederholt wird,

Fig. 18 eine Querschnittsansicht einer abgeänderten Ausführungsform der Erfindung mit lateraler Stromleitung,

Fig. 19 eine Querschnittsansicht einer alternativen Ausführungsform mit lateraler Stromleitung und einer Grabenisolation,

Fig. 20 eine Querschnittsansicht einer Ausführungsform der Erfindung mit einer integrierten MOS-Gate-gesteuerten Vorwärts-Einschaltzelle,

Fig. 21 eine Querschnittsansicht einer abgeänderten Struktur, die ein MOS-gesteuertes Einschalten in Vorwärtsrichtung ermöglicht,

Fig. 22 eine Querschnittsansicht einer Modifikation der Ausführungsform nach Fig. 20 mit einer integrierten MOS-Gate-gesteuerten Vorwärtsrichtungs-Einschaltzelle mit einer einzigen Gate-Elektrode,

Fig. 23 eine Querschnittsansicht einer Modifikation der Ausführungsform nach Fig. 20, die ein Stromeinschalt-Gate verwendet

Eine erste Ausführungsform der durch ein einziges MOS-Gate gesteuerten bidirektionalen Thyristorstruktur der vorliegenden Erfindung ist in Fig. 2 gezeigt. Wie aus der folgenden Beschreibung ersichtlich wird, besteht der bidirektionale Thyristor der vorliegenden Erfindung ebenso wie das in Fig. 1 gezeigte bekannte Bauteil grundlegend aus einem PNPN-Thyristor in Serie mit einem n-Kanal-MOSFET. Bei dem bekannten Bauteil ist jedoch der untere PNP-Transistor ein PNP-Transistor mit breiter N-Basis. Im Gegensatz hierzu ist bei dem Bauteil gemäß der vorliegenden Erfindung, wie es ausführlicher weiter unten beschrieben wird, der untere PNP-Transistor ein Transistor mit einer schmalen N-Basis und einem breiten P-Kollektor.

Unter erneuter Bezugnahme auf Fig. 2 ist zu erkennen, daß der bidirektionale Thyristor 110 gemäß der vorliegenden Erfindung ein Bauteil mit vertikaler Leitung ist, das auf einem P-Substrat 118 aufgebaut ist. Ein hochdotierter P⁺⁺-Bereich 116 ist auf einem Teil der Unterseite einer N-Basisschicht 114 ausgebildet, die unterhalb des P-Substrates 118 angeordnet ist. Eine Anode 112 auf der Bodenfläche des Bauteils steht sowohl mit der N-Basisschicht 114 als auch mit dem P⁺⁺-Bereich 116 in Kontakt.

Die Schicht 114 vom N-Leitungstyp und die Schicht 116 vom P⁺⁺-Leitungstyp sind vorzugsweise durch rückseitige Diffusionen auf einem Substrat 118 vom P-Substratschicht ausgebildet. In der P-Substratschicht ist eine Senke 120 vom N-Typ angeordnet, die den Drain-Bereich des n-Kanal-MOSFETs bildet, wie dies

weiter unten ausführlicher beschrieben wird. Ein Körper- oder Hauptteilbereich 122 vom P-Leitungstyp (der den Kanalbereich des MOSFET bildet) ist in der Senke 120 vom N-Leitungstyp angeordnet, und ein hochdotierter N⁺⁺-Bereich 124 (der den Source-Bereich des MOSFET bildet) ist in dem P-Körperbereich 122 angeordnet. Der P-Körperbereich 122 ist vorzugsweise relativ hoch dotiert (d. h. P⁺), wie dies in Fig. 2 gezeigt ist.

Eine Kathodenelektrode 126 auf der ersten Oberfläche des Bauteils bedeckt sowohl den P⁺-Körper 122 als auch zumindest einen Teil des N⁺⁺-Source-Bereiches 124. Ein Gate 128, das vorzugsweise aus Polysilizium besteht und von der ersten Oberfläche des Bauteils durch eine Oxidschicht 129 isoliert ist, liegt über dem P-Körper 122, der N-Senke 120 und der P-Epi-Schicht 118.

Die Betriebsweise des in Fig. 2 gezeigten Bauteils 110 ist wie folgt:

In der Vorwärtsrichtung (Stromleitung von der Anode zu der Kathode, d. h. aufwärts in Fig. 2) wird der Thyristor 110 in den Einschaltzustand dadurch getriggert, daß eine positive Spannung an das Gate 128 gegenüber der Kathode 126 angelegt wird, während gleichzeitig eine ausreichend hohe Spannung an die Anode 112 angelegt wird, oder er wird in den eingeschalteten Zustand durch Lichtenergie oder durch andere gut bekannte Verfahren getriggert, die zum Triggern von gesteuerten Siliziumgleichrichtern verwendet werden. Der Thyristor 110 wird dadurch im Einschaltzustand gehalten, daß eine ausreichend positive Spannung am Gate 128 gegenüber der Kathode 126 aufrechterhalten wird. Die positive Spannung am Gate 128 muß ausreichend sein, um einen Inversions-n-Kanal in dem P⁺-Körper 122 hervorzurufen, der die N-Senke 120 mit dem N⁺⁺-Bereich 124 verbindet, wodurch der MOSFET im eingeschalteten Zustand gehalten wird und eine Stromleitung durch den invertierten Kanal sowie ein regeneratives Einschalten des Thyristors ermöglicht wird. Damit fließt ein Thyristorstrom in der Vorwärtsbetriebsart von der Anode 112 zur Kathode 126 durch den PNPN-Thyristor, der durch die P⁺⁺-Rückseitendiffusion 116, die N-Basis 114, das P-Substrat 118 und die N-Senke 120 gebildet wird, und in Serie durch den leitenden MOSFET, der durch die N-Senke 120, den P⁺-Körper 122 und den N⁺⁺-Bereich 124 gebildet ist.

Zum Abschalten des Bauteils wird eine ausreichend negative Spannung an das Gate 128 gegenüber der Kathode 126 angelegt, wodurch die N-Senke 120 invertiert wird und die P-Substratschicht 118 mit dem Erdpotential der Kathode 126 verbunden wird, so daß der regenerative Ladungsfluß abgeleitet wird, was den Thyristor 110 abschaltet.

Die Vorwärts-Sperrspannung wird von der planparallelen Grenzschicht zwischen der P-Substratschicht 118 und der N-Basischicht 114 aufgenommen und wird hauptsächlich durch die Dotierung und Dicke der P-Substratschicht 118 bestimmt. Ätzkontur-Abschlüsse oder Abschrägungskanten-Abschlüsse ähnlich denen, wie sie für Triacs verwendet werden, können zur Verringerung des elektrischen Oberflächenfeldes verwendet werden, um die Durchbruchspannung zu verbessern. Siehe die Veröffentlichung von B.J. Baliga, "High-voltage device termination techniques - A comparative review", Proceedings of IEE Vol. 129, Teil 1, Nr. 5, Seiten 173 - 179, Oktober 1982, die durch diese Bezugnahme hier mit aufgenommen wird.

In der Rückwärtsrichtung (Stromleitung von der Kathode zur Anode, d. h. abwärts in Fig. 2), wird der Thyri-

stor 110 durch das Anlegen einer negativen Spannung an das Gate 128 gegenüber der Kathode 126 eingeschaltet. Die negative Spannung am Gate 128 muß ausreichend sein, um einen Inversionskanal vom P-Leitungstyp hervorzurufen, der die P-Substratschicht 118 mit dem P⁺-Körperbereich 122 verbindet. Hierdurch wird die P-Schicht 118 mit hohem Potential verbunden, was dazu führt, daß die N-Schicht 114/P-Schicht 118-Grenzschicht in Vorwärtsrichtung vorgespannt wird, was die Injektion von Trägern hervorruft, die bewirken, daß der Thyristor 110 regenerativ eingeschaltet wird. Nachdem der Thyristor 110 in die Rückwärts-Stromleitungsbetriebsart getriggert wurde, kann die Spannung an dem Gate 128 auf das Potential der Kathode 126 verringert werden. Der Thyristorstrom in der Rückwärtsbetriebsart fließt von der Kathode 126 zur Anode 112 durch den PNPN-Thyristor, der durch den P⁺-Körper 122, die N-Senke 120, das P-Substrat 118 und die N-Basischicht 114 gebildet ist. Es sei bemerkt, daß der N⁺⁺-Bereich 124 und die Rückseiten-P⁺⁺-Diffusion 116 in der Rückwärts-Stromleitungsbetriebsart inaktiv sind.

Um das Bauteil in der Rückwärtsrichtung abzuschalten, wird eine ausreichende positive Spannung an das Gate 128 gegenüber der Kathode 126 angelegt, um zu bewirken, daß die N-Senke 120 mit dem Potential der Kathode 126 durch einen Inversionskanal vom N-Leitungstyp in dem P⁺-Körper 122 verbunden wird. Hierdurch wird die Basis, die N-Senke 120, des PNP-Transistors mit dem Emitter, dem P-Körper 122 kurzgeschlossen, was bewirkt, daß der Thyristor 110 abschaltet. Der Widerstand der N-Senken-Diffusion 120 und der Widerstand des Inversionskanals vom N-Leitungstyp in dem P⁺-Körper 122 bestimmen den maximalen Strom, der in der Rückwärtsrichtung abgeschaltet werden kann. Die Rückwärts-Sperrspannung wird von der Grenzschicht zwischen der P-Substratschicht 118 und der N-Senke 120 aufgenommen und wird durch die Dotierung und Dicke der P-Substratschicht 118 und außerdem durch die verwendete Abschlußstruktur bestimmt. Eine übliche Abschlußstruktur für Hochspannungsbauenteile kann ebenfalls verwendet werden, beispielsweise N-dotierte schwimmende Feldringe und Feldplatten. Wie dies weiter oben erwähnt wurde, kann alternativ ein Ätzkontur-Abschluß oder ein Abschrägungskanten-Abschluß verwendet werden.

Fig. 3 zeigt die Kennlinien für das Bauteil nach Fig. 2, nämlich eine Darstellung der Spannung längs des Bauteils gegenüber dem Strom durch das Bauteil für verschiedene Gate-Spannungen. Es ist zu erkennen, daß das Bauteil die bilateralen Eigenschaften eines Triac aufweist und dennoch eine Gategesteuerte Abschaltbarkeit aufweist.

In Fig. 4 ist eine abgeänderte Ausführungsform der vorliegenden Erfindung in Form eines Querschnittes dargestellt. In der Vorwärtsrichtung besteht das Bauteil dieser Ausführungsform aus einem PNPN-Thyristor in Serie mit einem n-Kanal-MOSFET, während es in der Rückwärtsrichtung aus einem NPNP-Thyristor mit einer MOS-Gate-Steuerung besteht. Der bidirektionale Thyristor 140 schließt ein Substrat 148 vom P-Leitungstyp ein, in dem ein N-Basisbereich 144 und ein P⁺⁺-Rückseitendiffusionsbereich 146 angeordnet sind. Eine Anode 142 auf der Bodenfläche des Bauteils bedeckt sowohl die Basischicht 144 vom N-Leitungstyp als auch die P⁺⁺-Rückseitendiffusions 146. Eine Kathode 158 liegt über der oberen Oberfläche des Bauteils.

Eine N-Schicht 144 und eine P⁺⁺-Schicht 146 sind

durch Rückseitendiffusionen auf dem Substrat 148 vom P-Leitungstyp ausgebildet. In der P-Substratschicht 148 ist eine Senke 150 vom N-Leitungstyp angeordnet, die den Drain-Bereich eines n-Kanal-MOSFET's bildet, der das Bauteil steuert, wie dies weiter unten ausführlicher erläutert wird. Zwei mit seitlichem Abstand angeordnete P-Körperbereiche 152, 154 (vorzugsweise relativ hoch dotiert, d. h. P⁺⁺) sind in der Senke 150 vom N-Leitungstyp an der ersten Oberfläche des Bauteils angeordnet. Der P⁺⁺-Körperbereich 154 bildet den "Kanal"-Bereich des n-Kanal-MOSFET, der zur Steuerung des Bauteils verwendet wird. Ein hochdotierter N⁺⁺-Bereich 156 (der den Source-Bereich des n-Kanal-MOSFET bildet) ist in dem P⁺⁺-Körper 154 angeordnet.

Ein isoliertes Polysilizium-Gate 160 ist auf der ersten Oberfläche des Bauteils in Form eines (nicht gezeigten) Gitters vorgesehen, das einen ersten Abschnitt einschließt, der über dem N⁺⁺-Bereich 156, dem P⁺⁺-Körper 154, der N-Senke 150 und dem P⁺⁺-Körper 152 liegt. Ein zweiter Abschnitt des Gates 160, der elektrisch mit dem ersten Abschnitt verbunden ist, liegt über dem P⁺⁺-Körper 152, der N-Senke 150 und dem P-Substrat 148.

Die Betriebsweise des in Fig. 4 gezeigten Bauteils 140 ist wie folgt: In der Vorwärtsrichtung (Stromleitung von der Anode zur Kathode, d. h. aufwärts in Fig. 4) arbeitet das Thyristor 140 in der gleichen Weise wie die ein einziges Gate aufweisende Ausführungsform nach Fig. 2. Damit wird wie bei der Ausführungsform nach Fig. 2 das Bauteil dadurch in den Einschaltzustand getriggert, daß eine positive Spannung an das Gate 160 gegenüber der Kathode 158 angelegt wird, während gleichzeitig eine ausreichend hohe Spannung an die Anode 142 angelegt wird, oder dadurch, daß Lichtenergie zugeführt wird, oder dadurch, daß irgendwelche anderen gut bekannten Verfahren eingesetzt werden, wie sie zum Triggern von gesteuerten Siliziumgleichrichtern verwendet werden. Der Thyristor 140 wird dadurch im Einschaltzustand gehalten, daß eine ausreichend positive Spannung am Gate 160 gegenüber der Kathode 158 aufrechterhalten wird, damit ein Inversions-n-Kanal in dem P⁺⁺-Körper 154 hervorgerufen wird. Das Einschalten dieses n-Kanal-MOSFETs verbindet eine N-Senke 150 mit dem N⁺⁺-Bereich 156 und ermöglicht eine Stromleitung durch das Bauteil.

Das Bauteil nach Fig. 4 wird in der Rückwärts-Betriebsart in den Einschaltzustand dadurch getriggert, daß eine ausreichend negative Spannung an das Gate 160 gegenüber der Kathode 158 angelegt wird, während gleichzeitig eine negative Spannung an die Anode 142 angelegt wird. Die negative Spannung an dem Gate 160 ruft einen Inversions-p-Kanal in der N-Senke 150 hervor, der das P-Substrat 148 mit dem P⁺⁺-Körper 152 verbindet, wodurch die Grenzschicht zwischen der N-Basis und dem P-Substrat in Vorwärtsrichtung vorgespannt wird, um den Thyristor im eingeschalteten Zustand zu verriegeln. Das Bauteil arbeitet in der Rückwärtsrichtung im wesentlichen als MCT, wobei ein Stromfluß von der Kathode zur Anode durch den P⁺⁺-Bereich 152, die N-Senke 150, das P-Substrat 148 und die N-Basischicht 144 erfolgt. Wie bei der Ausführungsform nach Fig. 2 sind der N⁺⁺-Bereich 156 und die P⁺⁺-Rückseitendiffusion 146 in der Rückwärts-Stromleitungsbetriebsart inaktiv. Weiterhin bewirkt wie vorher das Anlegen einer ausreichend positiven Spannung an das Gate 160 ein Abschalten des Thyristors 140

aus der Rückwärts-Stromleitungsbetriebsart.

Eine weitere Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist in Fig. 5 gezeigt. Diese Ausführungsform ist strukturell gleich dem bidirektionalen Thyristor 140 nach Fig. 3, weist jedoch eine entgegengesetzte Dotierung und einen entgegengesetzten Stromfluß auf. So bedeckt bei der Ausführungsform nach Fig. 5 die Anode 182 die obere Oberfläche des Bauteils, während die Kathode 184 die Bodenfläche des Bauteils bedeckt. Wenn die Anode 182 gegenüber der Kathode 184 positiv ist und eine ausreichend negative Spannung an das isolierte Gate 186 angelegt wird, so fließt ein Strom abwärts in der Vorwärtsrichtung von der Anode zur Kathode durch den P⁺⁺-Bereich 188, durch den in dem N⁺⁺-Körper 190 gebildeten n-Kanal und durch die P-Senke 192, das N-Substrat 194, die P-Basischicht 196 und die N⁺⁺-Rückseitendiffusion 198. In der Rückwärtsrichtung, bei der die Anode 182 negativ gegenüber der Kathode 184 ist, und bei der eine ausreichend positive Spannung an das isolierte Gate 186 angelegt wird, um die P-Senke 192 zu invertieren, fließt ein Strom von der Kathode zur Anode durch die P-Basischicht 196, das N-Substrat 194, die P-Senke 192 und den N⁺⁺-Körper 191.

Die Fig. 6 und 7 zeigen Querschnittsansichten von Ausführungsformen, die ähnlich denen nach den Fig. 4 bzw. 5 sind, jedoch weiterhin einen tiefen hochdotierten Teil in dem Senkenbereich einschließen. Die N-Senke 150 nach Fig. 6 schließt einen tiefen N⁺⁺-Teil 151 ein, und die P-Senke 192 nach Fig. 7 schließt einen tiefen P⁺⁺-Teil 193 ein. Die Bauteile nach den Fig. 4 und 5 sind sehr leicht herstellbar. Die in den Fig. 6 und 7 gezeigten Bauteile erfordern eine zusätzliche Diffusion für die tiefen Teile der Senken, weisen jedoch in vorteilhafter Weise eine bessere Stromleitungscharakteristik im Einschaltzustand und in der Vorwärtsrichtung auf, und zwar aufgrund der vergrößerten Emitter-Injektionswirksamkeit des oberen Transistors.

Die Fig. 8 und 9 zeigen Querschnittsansichten von Ausführungsformen, die strukturell ähnlich denen nach den Fig. 6 bzw. 7 sind, jedoch mit der Ausnahme, daß der Kathodenmetallkontakt an den P⁺⁺-Körperbereich 152 in Fig. 8 entfernt wurde, und daß der Anodenmetallkontakt zum N⁺⁺-Körperbereich 191 in Fig. 9 entfernt wurde. Die in den Fig. 8 und 9 gezeigten Bauteile haben in vorteilhafter Weise sowohl in der Vorwärts- als auch in der Rückwärtsrichtung eine Stromsättigungscharakteristik im Einschaltzustand. Die in den Fig. 8 und 9 gezeigten Bauteile weisen jedoch parasitäre Thyristoren in der Rückwärtsrichtung auf, die durch den P-Körper 154, die N-Senke 150, das P-Substrat 148 und den N-Basisbereich 144 bzw. den N⁺⁺-Körper 190, die P-Senke 192, das N-Substrat 194 und den P-Bereich 196 gebildet sind. Der tiefe hochdotierte Teil in dem Senkenbereich trägt dazu bei, eine Verriegelung des parasitären Thyristors in der Rückwärtsrichtung zu unterdrücken, während er gleichzeitig hilft, den Emitter-Injektionswirksamkeitsgrad des oberen Transistors zu vergrößern.

Die in den Fig. 6 und 7 gezeigten Bauteile erfordern eine zusätzliche Diffusion für die tiefen Teile der Senken, damit sie eine vergrößerte Emitter-Injektionswirksamkeit und einen niedrigeren Einschaltspannungsabfall in der Vorwärtsrichtung aufweisen. Eine weitere, in den Fig. 10 und 11 gezeigte Ausführungsform erzielt einen vergrößerten Emitter-Injektionswirksamkeitsgrad und einen niedrigeren Einschalt-Spannungsabfall ohne die Verwendung einer zusätzlichen Diffusion für die tiefen

Teile der Senken. Das in Fig. 10 gezeigte Bauteil weist eine N^{++} -Schicht 253 auf dem P^- -Substrat 248 auf. Die N^{++} -Schicht 253 kann mit den gleichen Verfahrensschritten gebildet werden, mit denen der N^{++} -Source-Bereich 236 hergestellt wird. Das in Fig. 11 gezeigte Bauteil weist eine P^{++} -Schicht 295 auf, die in den gleichen Verfahrensschritten hergestellt werden kann, mit denen der P^{++} -Bereich 288 hergestellt wird.

Der bidirektionale Thyristor gemäß der vorliegenden Erfindung wird vorzugsweise in einer zellulären oder zellenförmigen Topologie ausgebildet, die ähnlich der ist, wie sie in dem US-Patent 5 008 725 beschrieben und beansprucht wird, das durch diese Bezugnahme hier mitaufgenommen wird. Die Fig. 2 und 4–11 zeigen eine halbe Zelle jeder Ausführungsform. Eine vollständige Einheitszelle wird in jedem Fall dadurch erzielt, daß ein Spiegelbild der Struktur auf der linken Seite hinzugefügt wird.

So ist beispielsweise eine vollständige Einheitszelle der Ausführungsform nach Fig. 2 in Fig. 12 gezeigt. Die Erfindung wird bei der bevorzugten Ausführungsform so ausgeführt, daß eine große Anzahl dieser vollständigen Einheitszellen in einer vieleckigen Form und in einer Parallelschaltung auf einer einzigen Halbleiterscheibe mit einer Abschlußstruktur ähnlich der der Leistungs-MOSFET-Konstruktion ausgebildet wird, wie sie in dem US-Patent 5 008 725 beschrieben ist. Somit umfaßt das Gate 128 einen Teil eines Polysilizium-Gitters, das über den Kanalbereichen benachbarter Zellen und dem "gemeinsamen Leistungsbereich" zwischen diesen liegt.

Fig. 13 zeigt eine alternative Konfiguration der Zelle nach Fig. 12, bei der jeder der Körperebereiche einen relativ tiefen P^+ -Körperebereich 123 ähnlich der Leistungs-MOSFET-Konstruktion einschließt, wie sie in dem US-Patent 4 642 666 gezeigt ist. Die Fig. 14 zeigt eine Ausführungsform, die strukturell gleich der zellulären Konstruktion nach Fig. 13 ist, jedoch mit einer entgegengesetzten Dotierung und einem entgegengesetzten Stromfluß, und die einen relativ tiefen N^+ -Körperebereich 223 einschließt. Ein Vergleich der Fig. 13 und 14 mit dem Querschnitt der Leistungs-MOSFET-Zelle, die in den Patenten 4 642 666 und 5 008 725 gezeigt ist, läßt erkennen, daß die vorliegende Erfindung ähnlich ist, jedoch mit den folgenden Ausnahmen:

- (1) die leicht dotierte Driftschicht (die mit den Bezugsziffern 118, 218 in den Fig. 13 bzw. 14 bezeichnet ist) der vorliegenden Erfindung ist durch ein Material vom entgegengesetzten Leitungstyp verglichen zu dem des Leistungs-MOSFETs gebildet,
- (2) die vorliegende Erfindung schließt einen Senkenbereich (der mit den Bezugsziffern 120, 220 in den Fig. 9 bzw. 10 bezeichnet ist) ein, der den Basisbereich umfaßt und
- (3) die vorliegende Erfindung schließt eine Rückseitendiffusion ein (die mit den Bezugsziffern 116, 216 in den Fig. 13 bzw. 14 bezeichnet ist).

Fig. 15 zeigt eine erweiterte Querschnittsansicht der bevorzugten zellulären Konfiguration gemäß der Erfindung mit der Leitungspolarität nach Fig. 13, wobei gleiche Elemente mit gleichen Bezugsziffern bezeichnet sind. Ein Querschnitt einer grundlegenden Einheitszellengruppe gemäß der Erfindung, der über die Oberfläche der Halbleiterscheibe wiederholt wird, ist mit der Bezugsziffer 130 bezeichnet. Die Draufsicht auf zwei mögliche Zellengruppen ist in den Fig. 16 und 17 gezeigt. Wie dies in Fig. 15 gezeigt ist, kann eine N^{++} -Dif-

fusion 132 in der P^- -Substratschicht 118 zwischen benachbarten N-Senkenbereichen 120 vorgesehen sein. Die N^{++} -Diffusion 132 ist wahlweise und dient zur Vergrößerung des Emitter-Injektionswirkungsgrades des NPN-Transistors in der Vorwärts-Stromleitungsart. Eine alternative (nicht gezeigte) Möglichkeit besteht darin, einen eingebetteten N^+ -Bereich in manchen Zellenbereichen unterhalb des P-Körpers 122 vorzusehen.

Wie dies in Fig. 15 gezeigt ist, ist eine Vielzahl von Abschlußringen am Rand der Halbleiterscheibe vorgesehen. Im einzelnen ist der Rand der oberen Oberfläche der Halbleiterscheibe mit einer Vielzahl von Abschlußringen 134 vom N-Leitungstyp für die Rückwärts-Sperrgrenzschicht versehen, während der Rand der Bodenfläche der Halbleiterscheibe mit einem Konturkonten-Abschluß 136 für die Vorwärts-Sperrgrenzschicht versehen ist. Eine Schicht aus Feldoxid und LTO (Niedrigtemperatur-Oxid), die mit der Bezugsziffer 138 bezeichnet ist, ist am Rand der oberen und unteren Oberflächen der Halbleiterscheibe vorgesehen.

Der bidirektionale Thyristor der vorliegenden Erfindung kann auch in einer Konfiguration mit lateraler Stromleitung vorgesehen werden. So zeigt beispielsweise die Fig. 18 eine Konfiguration mit lateraler Stromleitung entsprechend der Ausführungsform nach Fig. 5 der vorliegenden Erfindung. In der Vorwärtsrichtung (Anode positiv gegenüber der Kathode) und bei Anlegen einer ausreichend negativen Spannung an das isolierte Gate 310 gegenüber der Anode zur Erzeugung eines p-Kanals in dem N-Körper 314 fließt ein Strom von der Anode 312 zur Kathode 319 durch die P^{++} -Source 313 im p-Kanal in dem N-Körper 314, die P-Senke 316, längs des N^- -Epi-Bereiches 318 und durch die P-Senke 317 und den N^{++} -Bereich 322. In der Rückwärtsrichtung (Anode negativ gegenüber der Kathode) und bei Anlegen einer ausreichend positiven Spannung an das Gate 310 gegenüber der Anode zur Schaffung eines n-Kanals in der P-Senke 316 fließt ein Strom von der Kathode 319 zur Anode 312 durch die P-Senke 317, den N^- -Epi-Bereich 318, die P-Senke 318 und den N-Körper 315. Ein P^+ -Bereich 324 ist in dem P-Substrat 320 auf der rechten Seite der Zelle unter der Kathode 319 ausgebildet, um die Zelle von den anderen Zellen auf der Halbleiterscheibe zu isolieren.

Ein zweites Ausführungsbeispiel mit lateraler Stromleitung gemäß der Erfindung ist in Fig. 19 gezeigt. Diese Ausführungsform ist ähnlich der nach Fig. 18, schließt jedoch eine Grabenisolierung 330 anstelle des P^+ -Bereiches 324 ein und ist insbesondere für Anwendungen bei integrierten Leistungsschaltungen ausgebildet, bei der der Thyristor von anderen Leistungs- und Steuerbauteilen auf der gleichen Halbleiterscheibe isoliert werden muß.

Fig. 20 zeigt eine Ausführungsform der Erfindung, die die gleiche Struktur wie die mit vertikaler Stromleitung arbeitende Ausführungsform nach Fig. 4 aufweist, jedoch ebenfalls eine integrierte MOS-Gate-gesteuerte Einschaltzelle für die Vorwärtsrichtung einschließt. Die Einschaltzelle besteht aus einer N-Senke 170, die einen P-Körper 172 umfaßt, der sich von der oberen Oberfläche der Halbleiterscheibe aus nach unten erstreckt, wobei die N-Senke 170 in Abstand von der N-Senke 150 angeordnet ist. Eine Hilfselektrode 174 ist auf der oberen Oberfläche der Halbleiterscheibe vorgesehen und steht mit dem P-Körper 172 in Kontakt. Ein zweites isoliertes Gate 176 ist ebenfalls auf der oberen Fläche der Halbleiterscheibe vorgesehen, wobei das Gate 176

über dem Teil der N-Senke 150, die sich zur oberen Oberfläche der Halbleiterscheibe erstreckt, über dem Teil des P⁻-Substrates 148, der sich bis zur oberen Oberfläche der Halbleiterscheibe zwischen den mit Abstand angeordneten N-Senken erstreckt, über den Teil der N-Senke 170, die sich bis zur oberen Oberfläche der Halbleiterscheibe erstreckt, und über zumindestens dem Rand des Teils des P-Körpers 172 liegt, der sich bis zur oberen Oberfläche der Halbleiterscheibe erstreckt.

Im Betrieb des Bauteils nach Fig. 20 ist die Hilfselektrode 174 auf ein Potential vorgespannt, das geringfügig höher (beispielsweise um 1 Volt) als das Potential der Kathode 158 ist. Dies ermöglicht es dem Thyristor, daß er in der Vorwärtsrichtung (Anode positiv gegenüber der Kathode) in den Einschaltzustand getriggert wird, wobei eine MOS-Gate-Steuerung verwendet wird, nämlich durch Anlegen eines ausreichend positiven Potentials an das Gate 160 gegenüber der Kathode 158 zur Schaffung eines n-Kanals in dem P⁺-Körper 154 und durch Anlegen eines ausreichend negativen Potentials an das Gate 176 gegenüber der Kathode 158, um einen p-Kanal in der N-Senke 170 zu schaffen.

Fig. 21 zeigt den Querschnitt einer alternativen Struktur, die ein MOS-gesteuertes Einschalten in der Vorwärtsrichtung (Anode positiv gegenüber der Kathode, Gate 160 positiv gegenüber der Kathode 158 und Gate 176 negativ gegenüber der Anode 142) ermöglicht. Diese Struktur weist einen lateralen Thyristor ähnlich wie die Ausführungsformen nach den Fig. 18 und 19 zusätzlich zu dem vertikalen Thyristor nach Fig. 4 auf.

Andere Strukturen sind unter Verwendung einer einzigen Polarität aufweisenden Gate-Ansteuerung möglich. Beispielsweise kann die in Fig. 20 gezeigte Struktur in der in Fig. 22 gezeigten Weise modifiziert werden, wobei die N-Senke 170 durch zwei mit Abstand voneinander angeordnete N-Senken 171, 173 ersetzt ist, während ein P-Körper 175 in der N-Senke 173 gebildet wird und ein N⁺⁺-Bereich 177 in der N-Senke 171 gebildet wird. Der P-Körper 175 und der N⁺⁺-Bereich 177 sind elektrisch miteinander mit Hilfe eines schwimmenden Metallstreifens 179 auf der oberen Oberfläche der Halbleiterscheibe miteinander verbunden.

Im Betrieb des Bauteils nach Fig. 22 wird die Hilfselektrode 174 auf ein Potential vorgespannt, das geringfügig höher (beispielsweise um 1 Volt) als das Potential der Kathode 158 ist. Dies ermöglicht es, den Thyristor in den Einschaltzustand in der Vorwärtsrichtung (Anode positiv gegenüber der Kathode) zu triggern, wobei eine MOS-Gate-Steuerung verwendet wird (nämlich durch Anlegen eines ausreichend positiven Potentials an das Gate 160 gegenüber der Kathode 158 zur Schaffung von n-Kanälen in dem P⁺-Körper 154 und dem P⁻-Bereich 148 zwischen den N-Senken 173 und 171). Hierdurch wird der P⁻-Bereich 148 nahezu mit dem Potential der Hilfselektrode 174 verbunden, nämlich durch den P-Körper 173, durch den Metallstreifen 179, durch den N⁺⁺-Bereich 177, durch den N-Kanal in dem P⁻-Bereich 148 zwischen den N-Senken 173 und 171, und durch den N⁺⁺-Bereich 177. Hierdurch wird die Grenzschicht zwischen dem P⁻-Bereich 148 und der N-Senke 150 in Vorwärtsrichtung vorgespannt, um die Injektion von Trägern hervorzurufen, wodurch der Thyristor getriggert wird.

Es sind andere Strukturen möglich, die ein Strom-Einschalt-Gate verwenden. Beispielsweise kann die in Fig. 20 gezeigte Struktur in der in Fig. 23 gezeigten Weise modifiziert werden, bei der die N-Senke 170 und das MOS-Gate 176 entfernt sind. Im Betrieb des Bau-

teils nach Fig. 23 wird eine Hilfselektrode 274 zur Injektion von Strom in das P⁻-Substrat 148 verwendet. Hierdurch wird der Basis-Ansteuerstrom für den oberen NPN-Transistor geliefert, der durch die N-Senke 150, das P⁻-Substrat 148 und den N-Bereich 144 gebildet ist, und ermöglicht ein Triggern des Thyristors in den Einschaltzustand in der Vorwärtsrichtung (Anode positiv gegenüber der Kathode), wobei eine Gate-Steuerung verwendet wird (d. h. das MOS-Gate 160 ist ausreichend positiv gegenüber der Kathode 158, um einen n-Kanal in dem P⁺-Körper 154 zu schaffen, und das Gate 274 injiziert einen Strom in das P⁻-Substrat 148, um den Thyristor in den eingeschalteten Zustand zu triggern).

Obwohl die vorliegende Erfindung unter Bezugnahme auf spezielle Ausführungsformen der Erfindung beschrieben wurde, können vielfältige Abänderungen und Modifikationen und andere Anwendungen von einem Fachmann leicht erkannt werden. Es wird daher bevorzugt, daß die vorliegende Erfindung nicht auf die spezielle Beschreibung beschränkt ist, sondern lediglich durch die beigefügten Ansprüche.

Patentansprüche

1. Bidirekionaler Thyristor mit einer Steuerung durch ein MOS-Gate, mit einer Halbleiterscheibe, die erste und zweite, mit Abstand voneinander angeordnete parallele ebene Oberflächen aufweist, dadurch gekennzeichnet, daß zumindest ein Teil der Dicke der Halbleiterscheibe, die sich von der ersten ebenen Oberfläche aus erstreckt, ein relativ leicht dotiertes Substrat an einem ersten Leitungstyp zur Aufnahme von Grenzschichten bildet, wobei zumindest ein Teil der Dicke der Halbleiterscheibe, der sich von der zweiten Oberfläche aus erstreckt, einen Basisbereich von einem zweiten Leitungstyp bildet, der zu dem ersten Leitungstyp entgegengesetzt ist, daß zumindest ein Senkenbereich vom zweiten Leitungstyp in dem relativ leicht dotierten Substrat ausgebildet ist und sich von der ersten Halbleiteroberfläche bis zu einer ersten Tiefe unterhalb der ersten Halbleiteroberfläche erstreckt, daß zumindest ein Körperebereich des ersten Leitungstyps in dem Senkenbereich ausgebildet ist und sich von der ersten Halbleiteroberfläche bis zu einer zweiten Tiefe unterhalb der Halbleiteroberfläche erstreckt, die flacher als die erste Tiefe ist, wobei der Körperteil in Radialrichtung nach innen entlang der ersten Halbleiteroberfläche mit Abstand von dem Senkenbereich angeordnet ist, um einen ersten Kanalbereich entlang der ersten Halbleiteroberfläche zwischen dem Körperebereich und dem relativ leicht dotierten Substrat zu bilden, daß zumindest ein Source-Bereich vom zweiten Leitungstyp in dem Körperebereich ausgebildet ist und sich von der ersten Halbleiteroberfläche bis zu einer dritten Tiefe unterhalb der Halbleiteroberfläche erstreckt, die flacher als die zweite Tiefe ist, wobei der Source-Bereich in Radialrichtung nach innen entlang der ersten Halbleiteroberfläche mit Abstand von dem Senkenbereich angeordnet ist, um einen zweiten Kanalbereich entlang der ersten Halbleiteroberfläche zwischen dem Source-Bereich und dem Körperebereich zu bilden, daß erste Elektrodeneinrichtungen auf der ersten Halbleiteroberfläche angeordnet und mit dem Körperebereich und dem Source-Bereich verbunden

sind,
daß Gate-Isolierschichteinrichtungen auf der ersten Oberfläche zumindest auf den Kanalbereichen angeordnet sind,
5 daß Gate-Elektrodeneinrichtungen auf den Gate-Isolationsschichteinrichtungen angeordnet sind und über den Kanalbereichen liegen,
daß zumindest ein relativ hochdotierter Bereich vom ersten Leitungstyp in dem Basisbereich vom zweiten Leitungstyp ausgebildet ist und sich von der zweiten Halbleiteroberfläche aus erstreckt, und
10 daß zweite Elektrodeneinrichtungen auf der zweiten Halbleiteroberfläche angeordnet und mit dem relativ hochdotierten Bereich vom ersten Leitungstyp und mit dem Basisbereich verbunden sind.
15 2. Thyristor nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Senkenbereich ein Profil aufweist, das einen relativ tiefen, relativ hochdotierten Bereich einschließt.
20 3. Thyristor nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß ein zweiter Körperebereich vom ersten Leitungstyp in dem Senkenbereich ausgebildet ist, daß der zweite Körperebereich von dem relativ leichtdotierten Substrat durch einen Teil des Senkenbereiches getrennt ist, und daß die ersten Elektrodeneinrichtungen mit dem zweiten Körperebereich, dem ersten Körperebereich und dem Source-Bereich verbunden sind, der in den ersten Körperebereich ausgebildet ist.
25 4. Thyristor nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß der Senkenbereich ein Profil aufweist, das einen relativ tiefen, relativ hochdotierten Teil einschließt.
30 5. Thyristor nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß er weiterhin einen zweiten Körperebereich vom zweiten Leitungstyp aufweist, der in dem Senkenbereich ausgebildet ist, daß der zweite Körperebereich von dem relativ leichtdotierten Substrat durch einen Teil des Senkenbereiches getrennt ist, daß der Senkenbereich ein Profil einschließt, das einen relativ tiefen, relativ hochdotierten Teil einschließt, und daß die erste Elektrodeneinrichtung mit dem ersten Körperebereich und dem Source-Bereich verbunden ist, der in dem ersten Körperebereich ausgebildet ist.
35 45 6. Thyristor nach einem der Ansprüche 1-5, dadurch gekennzeichnet, daß der erste Leitungstyp durch den P-Leitungstyp gebildet ist, und daß der zweite Leitungstyp durch den N-Leitungstyp gebildet ist, und daß die erste Elektrodeneinrichtung eine Kathode bildet während die zweite Elektrodeneinrichtung eine Anode bildet.
50 7. Thyristor nach einem der Ansprüche 1-5, dadurch gekennzeichnet, daß der erste Leitungstyp durch den N-Leitungstyp gebildet ist, daß der zweite Leitungstyp durch den P-Leitungstyp gebildet ist, und daß die erste Elektrodeneinrichtung eine Anode bildet, während die zweite Elektrodeneinrichtung eine Kathode bildet.
55 60 8. Thyristor nach einem der Ansprüche 1-7, dadurch gekennzeichnet, daß der Thyristor eine Vielzahl von parallel geschalteten, asymmetrisch angeordneten Zellen aufweist, die die Struktur nach einem der Ansprüche 1-7 aufweisen, und daß die erste Elektrodeneinrichtung ein Gitter bildet, die über den Körpereinheiten benachbarter Zellen liegt.
65 9. Thyristor nach Anspruch 8, dadurch gekenn-

zeichnet, daß die Zellen eine vieleckige Form aufweisen.
10. Thyristor nach Anspruch 8 oder 9, dadurch gekennzeichnet, daß jede Zelle einen relativ hochdotierten diffundierten Bereich einschließt, der mit Abstand von dem Senkenbereich angeordnet ist und sich von der ersten Halbleiteroberfläche aus erstreckt, und daß der relativ hochdotierte diffundierte Bereich zwischen jeweiligen Senkenbereichen benachbarter Zellen angeordnet ist.
11. Thyristor nach einem der Ansprüche 8-10, dadurch gekennzeichnet, daß die Vielzahl von parallel geschalteten Anordnungen von symmetrisch angeordneten Zellen auf einer Halbleiterscheibe angeordnet ist, und daß eine Vielzahl von Abschlußstrukturen an den Rändern der Anordnung vorgesehen ist.
12. Bidirekionaler Thyristor mit MOS-Gate-Steuerung, mit einer Scheibe aus Halbleitermaterial, die erste und zweite, mit Abstand voneinander angeordnete, parallele ebene Oberflächen aufweist, dadurch gekennzeichnet,
daß zumindest ein Teil der Dicke der Halbleiterscheibe, die sich von der ersten planaren Oberfläche aus erstreckt, ein relativ leicht dotiertes Substrat vom ersten Leitungstyp zur Aufnahme von Grenzschichten bildet, wobei zumindest ein Teil der Dicke der Halbleiterscheibe, die sich von der zweiten Oberfläche aus erstreckt, einen Basisbereich von einem zweiten Leitungstyp bildet, der zum ersten Leitungstyp entgegengesetzt ist,
daß ein erster Senkenbereich des zweiten Leitungstyps in dem relativ leicht dotierten Substrat ausgebildet ist und sich von der ersten Halbleiteroberfläche bis zu einer ersten Tiefe unterhalb der ersten Halbleiteroberfläche erstreckt,
daß zumindest ein Körperteil des ersten Leitungstyps in dem ersten Senkenbereich ausgebildet ist und sich von der ersten Halbleiteroberfläche bis zu einer zweiten Tiefe unterhalb der Halbleiteroberfläche erstreckt, die flacher als die erste Tiefe ist, wobei der Körperebereich in Radialrichtung nach innen entlang der ersten Halbleiteroberfläche mit Abstand von dem Senkenbereich angeordnet ist, um einen ersten Kanalbereich entlang der ersten Halbleiteroberfläche zwischen dem Körperebereich und dem relativ leicht dotierten Substrat zu bilden,
daß zumindest ein Source-Bereich des zweiten Leitungstyps in dem Körperebereich ausgebildet ist und sich von der ersten Halbleiteroberfläche bis zu einer dritten Tiefe unterhalb der dritten Halbleiteroberfläche erstreckt, die flacher als die zweite Tiefe ist, wobei der Source-Bereich in Radialrichtung nach innen entlang der ersten Halbleiteroberfläche mit Abstand von dem ersten Senkenbereich angeordnet ist, um einen zweiten Kanalbereich entlang der ersten Halbleiteroberfläche zwischen dem Source-Bereich und dem ersten Senkenbereich zu bilden,
daß eine erste Elektrodeneinrichtung auf der ersten Halbleiteroberfläche angeordnet und mit dem Körperebereich und dem Source-Bereich verbunden ist,
daß eine Gate-Isolierschichteinrichtung auf der ersten Oberfläche zumindestens auf dem Kanalbereich und auf dem ersten Senkenbereich angeordnet ist,
daß Gate-Elektrodeneinrichtungen auf der Gate-Isolationsschichteinrichtung angeordnet sind und

Über dem Kanalbereich und dem Senkenbereich liegen,
daß ein zweiter Senkenbereich vom zweiten Leitungstyp sich von der ersten Oberfläche der Halbleiterscheibe aus erstreckt, wobei der zweite Senkenbereich lateral mit Abstand von dem ersten Senkenbereich angeordnet ist,
daß zumindestens ein relativ hochdotierter Bereich des ersten Leitungstyps in dem zweiten Senkenbereich ausgebildet ist, und
daß zweite Elektrodeneinrichtungen auf der ersten Halbleiteroberfläche angeordnet und mit dem relativ hochdotierten Bereich vom ersten Leitungstyp und dem zweiten Senkenbereich verbunden sind.

13. Thyristor nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, daß ein zweiter Körperföbereich vom ersten Leitungstyp in dem ersten Senkenbereich ausgebildet ist, daß der zweite Körperföbereich von dem relativ leicht dotierten Substrat durch einen Teil des ersten Senkenbereichs getrennt ist, und daß die erste Elektrodeneinrichtung mit dem zweiten Körperföbereich verbunden ist, wobei der erste Körperföbereich und der Source-Bereich in dem ersten Körperföbereich ausgebildet sind.

14. Thyristor nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, daß ein zweiter Körperföbereich des ersten Leitungstyps in dem ersten Senkenbereich ausgebildet ist, daß der zweite Körperföbereich von dem relativ leicht dotierten, epitaxial abgeschiedenen Bereich durch einen Teil des ersten Senkenbereichs getrennt ist, und daß die erste Elektrodeneinrichtung mit dem ersten Körperteil und dem Source-Bereich verbunden ist, der in dem ersten Körperteil ausgebildet ist, wobei der Senkenbereich ein Profil aufweist, das einen relativ tiefen, relativ hoch dotierten Teil einschließt, der unterhalb des ersten Körperföbereiches angeordnet ist.

15. Thyristor nach einem der Ansprüche 12–14, dadurch gekennzeichnet, daß der erste Leitungstyp durch den P-Leitungstyp gebildet ist, daß der zweite Leitungstyp durch den N-Leitungstyp gebildet ist, und daß die erste Elektrodeneinrichtung eine Kathode bildet, während die zweite Elektrodeneinrichtung eine Anode bildet.

16. Thyristor nach einem der Ansprüche 12–14, dadurch gekennzeichnet, daß der erste Leitungstyp durch den N-Leitungstyp gebildet ist, daß der zweite Leitungstyp durch den P-Leitungstyp gebildet ist, und daß die erste Elektrodeneinrichtung eine Anode und die zweite Elektrodeneinrichtung eine Kathode bildet.

17. Thyristor nach einem der Ansprüche 12–16, dadurch gekennzeichnet, daß sich Grabinisolationseinrichtungen von der ersten Halbleiteroberfläche benachbart zu dem zweiten Senkenbereich erstrecken.

18. Bidirekionaler Thyristor nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß er eine integrierte MOS-Gategesteuerte Einschaltzelle aufweist und folgende Teile umfaßt:
einen zweiten Senkenbereich vom zweiten Leitungstyp, der in dem relativ leicht dotierten Substrat ausgebildet ist und sich von der ersten Halbleiteroberfläche aus erstreckt, wobei der zweite Senkenbereich mit seitlichem Abstand von dem zumindest einen Senkenbereich derart angeordnet ist, daß ein Teil des relativ leichtdotierten Substrats vom ersten Leitungstyp sich bis zu der ersten Halb-

leiteroberfläche zwischen den mit Abstand angeordneten Senkenbereichen erstreckt,
einen zweiten Körperföbereich vom ersten Leitungstyp, der in dem zweiten Senkenbereich ausgebildet ist, wobei der zweite Körperföbereich in Radialrichtung nach innen entlang der ersten Halbleiteroberfläche mit Abstand von dem zweiten Senkenbereich angeordnet ist, um einen zweiten Kanalbereich entlang der ersten Halbleiteroberfläche in dem zweiten Senkenbereich zu bilden,
Hilfselektrodeneinrichtungen, die auf der ersten Halbleiteroberfläche angeordnet und mit dem zweiten Körperföbereich verbunden sind,
eine zweite Gate-Isolationsschichteinrichtung auf der ersten Oberfläche, die zumindestens auf dem zweiten Kanalbereich und auf dem Teil des relativ leichtdotierten Substrates vom ersten Leitungstyp angeordnet ist, der sich zwischen den mit Abstand angeordneten Senkenbereichen bis zur ersten Halbleiteroberfläche erstreckt, und
zweite Gate-Elektrodeneinrichtungen auf der Gate-Isolierschichteinrichtung, die über dem zweiten Kanalbereich und dem Teil des relativ leichtdotierten Substrats vom ersten Leitungstyp liegen, der sich zwischen den mit Abstand angeordneten Senkenbereichen bis zu der ersten Halbleiteroberfläche erstreckt.

19. Thyristor nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß weiterhin ein zweiter Körperföbereich vom ersten Leitungstyp in dem relativ leicht dotierten Substrat ausgebildet ist, daß der zweite Körperföbereich in Radialrichtung nach innen entlang der ersten Halbleiteroberfläche mit Abstand von dem Senkenbereich angeordnet ist, um einen zweiten Kanalbereich entlang der ersten Halbleiteroberfläche in dem zweiten Senkenbereich zu bilden, und daß Hilfselektrodeneinrichtungen auf der ersten Halbleiteroberfläche angeordnet und mit dem zweiten Körperföbereich verbunden sind.

20. Thyristor nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Thyristor eine integrierte MOS-Gate-Steuerungs-Einschaltzelle aufweist, die eine Gate-Ansteuerung mit einer einzigen Polarität verwendet, und daß der Thyristor folgende Teile umfaßt:
einen Injektionsbereich des ersten Leitungstyps, der in dem relativ leicht dotierten Substrat ausgebildet ist,
zweite, dritte und vierte Senkenbereiche vom zweiten Leitungstyp, die in dem relativ leichtdotierten Substrat ausgebildet sind und sich von der ersten Halbleiteroberfläche aus erstrecken, wobei der zweite Senkenbereich mit seitlichem Abstand von dem dritten Senkenbereich derart angeordnet ist, daß ein Teil des relativ leicht dotierten Substrats vom ersten Leitungstyp sich bis zu der ersten Halbleiteroberfläche zwischen den mit Abstand angeordneten zweiten und dritten Senkenbereichen erstreckt und einen zweiten Kanal zwischen den mit Abstand angeordneten zweiten und dritten Senkenbereichen bildet, wobei der dritte Senkenbereich mit seitlichem Abstand von dem vierten Senkenbereich derart angeordnet ist, daß ein Teil des Injektorbereiches mit dem relativ leichtdotierten Substrat vom ersten Leitungstyp zwischen diesen in Kontakt steht, wobei der vierte Senkenbereich mit seitlichem Abstand von dem ersten Senkenbereich angeordnet ist, so daß sich ein Teil des relativ

leichtdotierten Substrats vom ersten Leitungstyp bis zu der ersten Halbleiteroberfläche zwischen den mit Abstand voneinander angeordneten ersten und vierten Senkenbereichen erstreckt,
einen zweiten Source-Bereich vom zweiten Leitungstyp, der in dem zweiten Senkenbereich ausgebildet ist,
eine Hilfselektrodeneinrichtung, die auf der ersten Halbleiteroberfläche angeordnet und mit dem zweiten Source-Bereich verbunden ist,
einen dritten Source-Bereich vom zweiten Leitungstyp, der in dem dritten Senkenbereich ausgebildet ist,
einen Metallstreifen, der auf der ersten Halbleiteroberfläche angeordnet und mit dem dritten Source-Bereich und dem Injektor-Bereich verbunden ist,
und
eine zweite Gate-Isolationsschichteinrichtung auf der ersten Oberfläche, die zumindest über dem zweiten Kanalbereich angeordnet ist, und
zweite Gate-Elektrodeneinrichtungen auf der Gate-Isolationsschichteinrichtung, die über dem zweiten Kanalbereich liegen.

Hierzu 13 Seite(n) Zeichnungen

25

30

35

40

45

50

55

60

65

FIG. 2 *

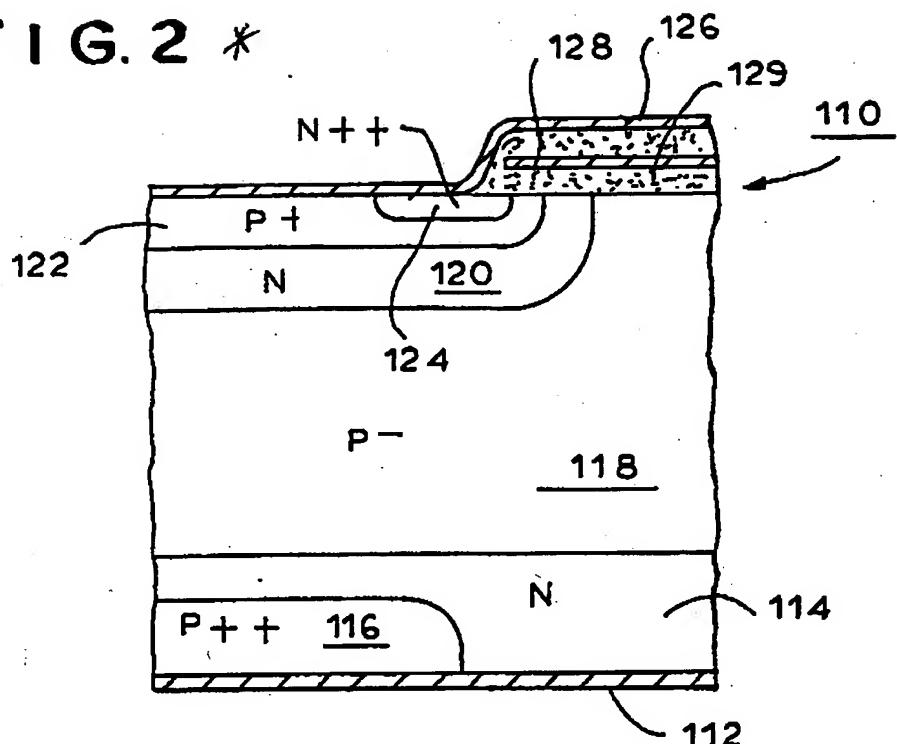
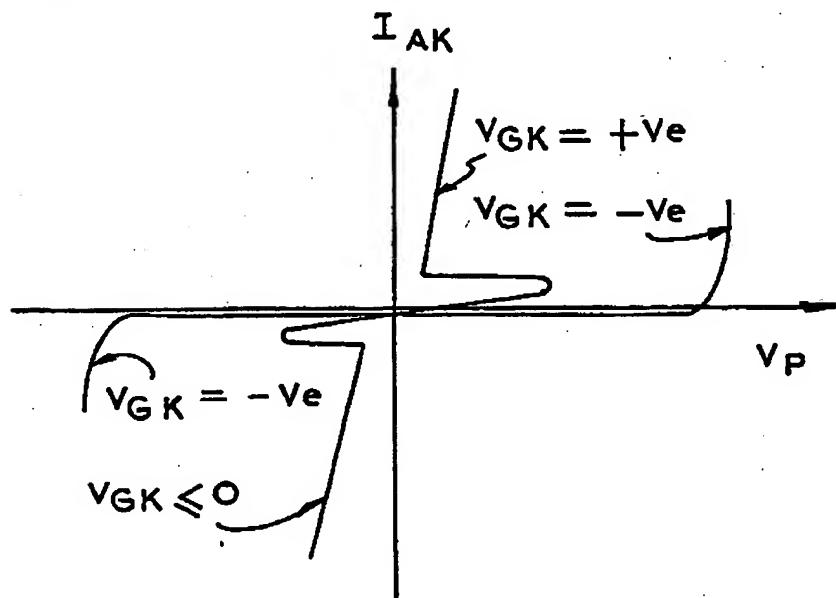
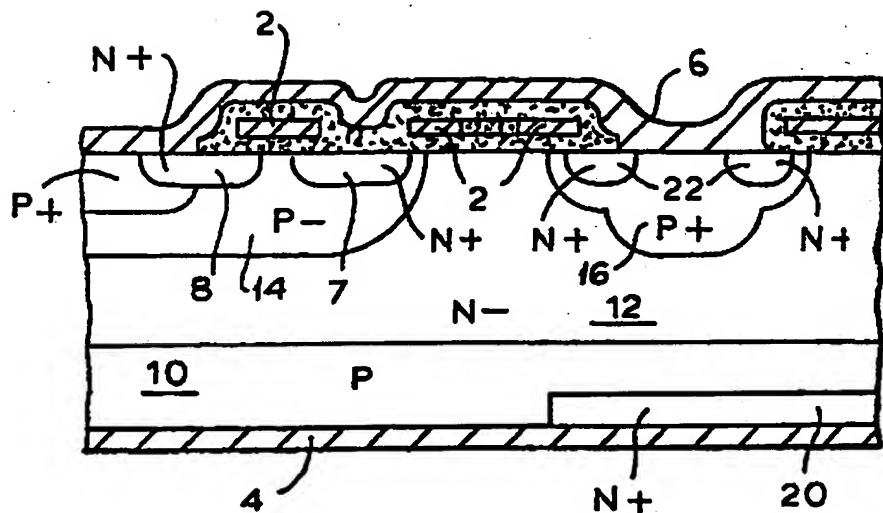


FIG. 3



F I G. 1 (STAND DER TECHNIK)



F I G. 12

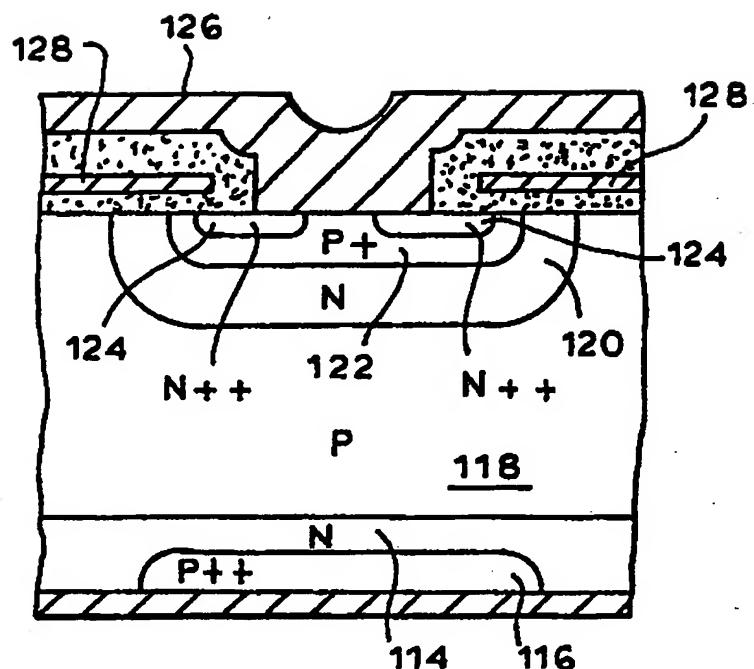


FIG. 4

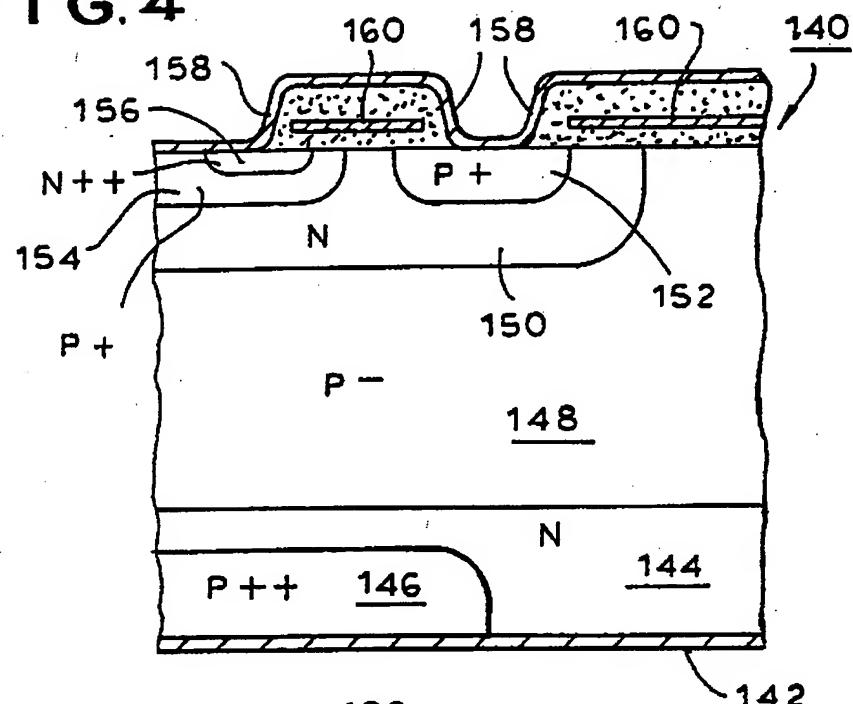


FIG. 5

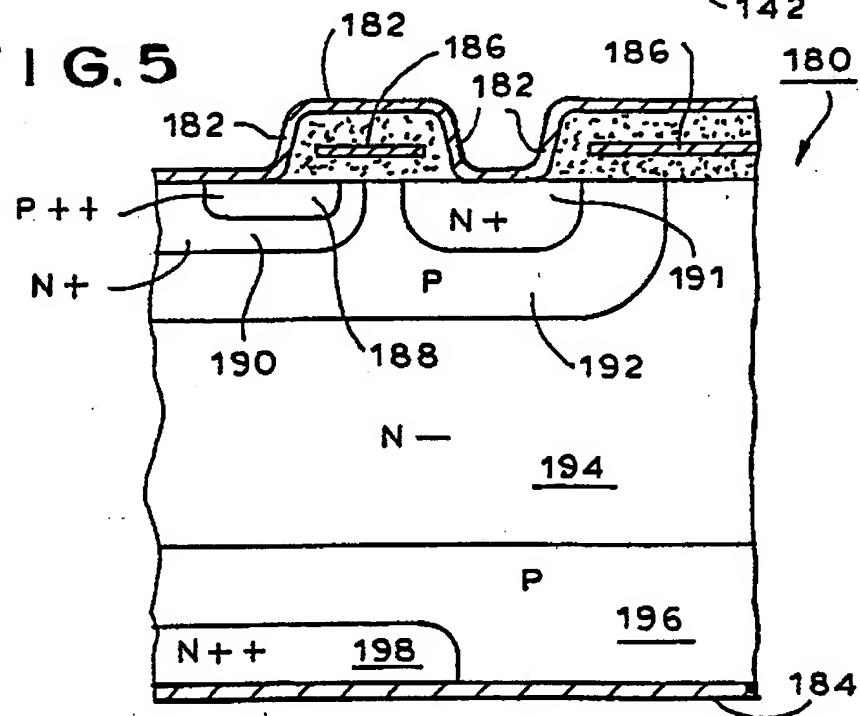


FIG. 6

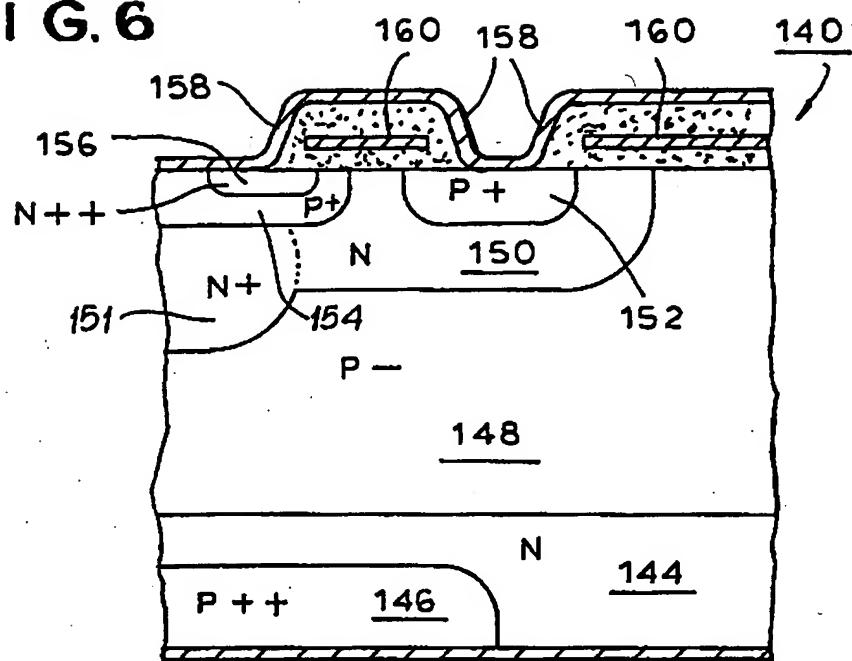


FIG. 7

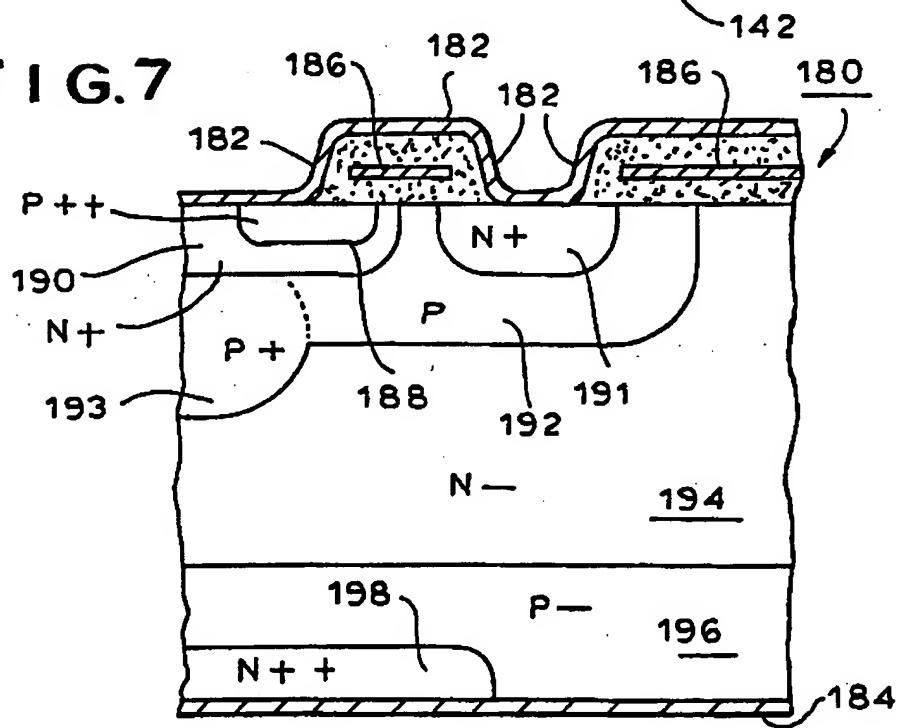


FIG. 8

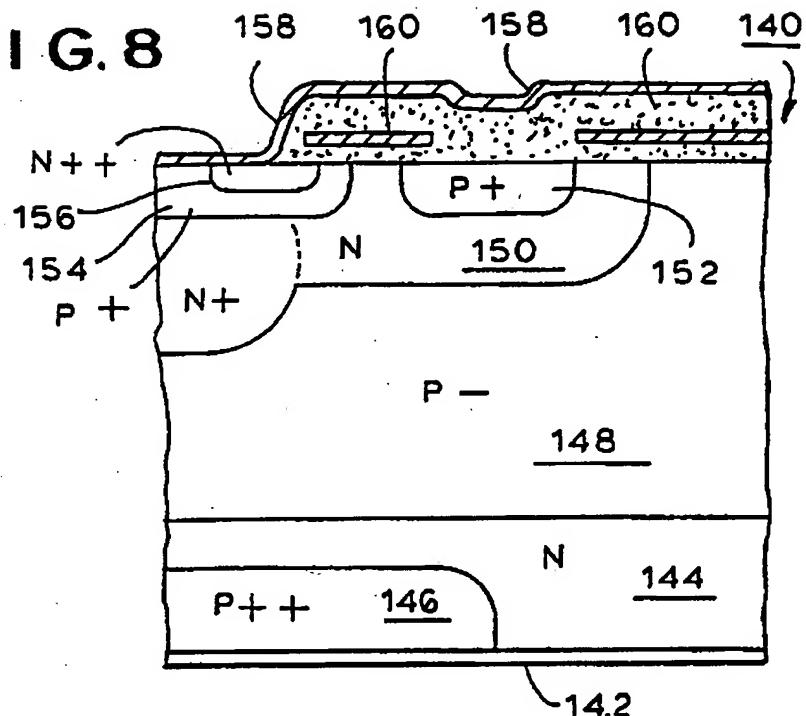
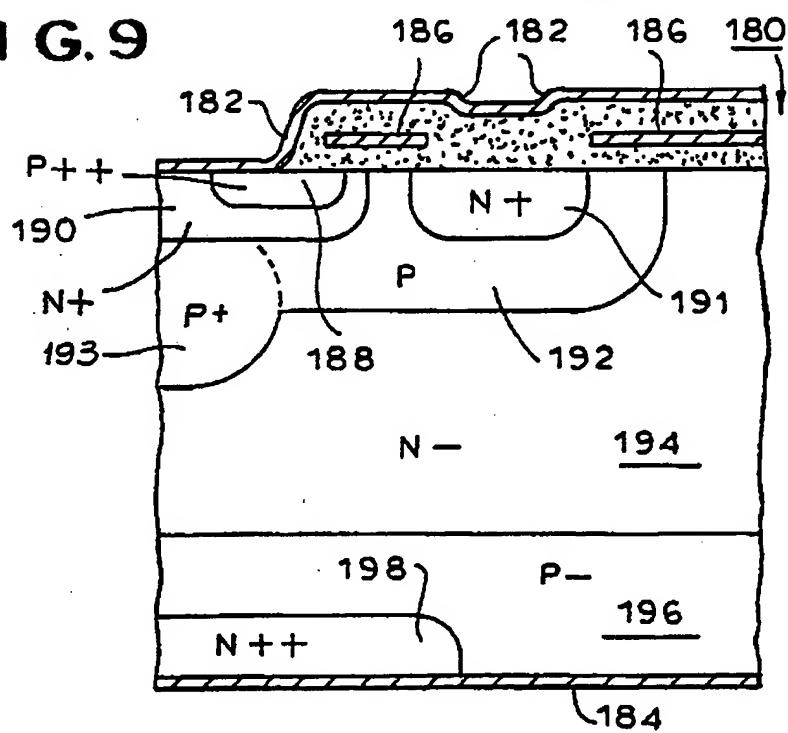
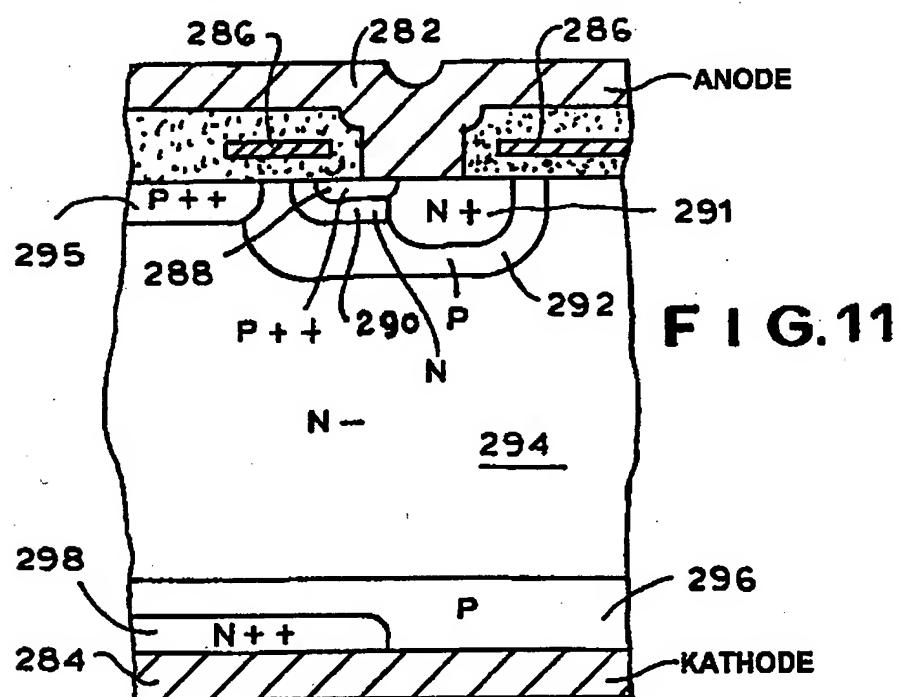
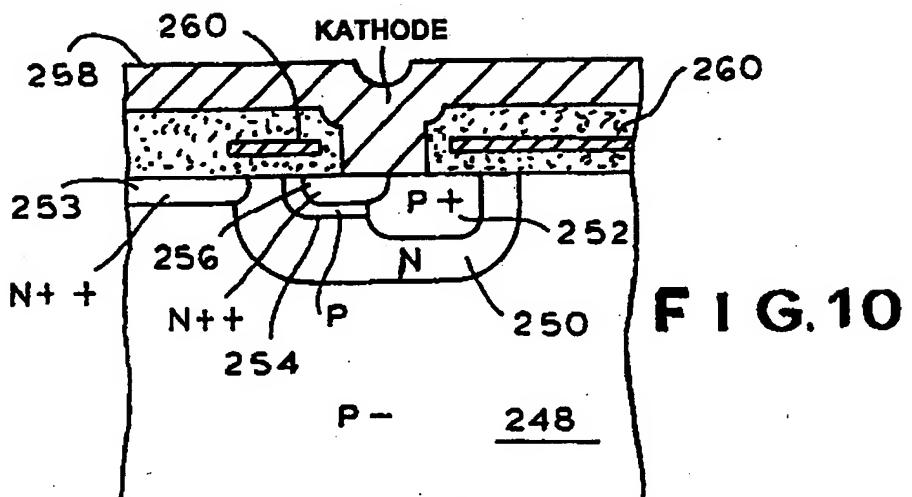


FIG. 9





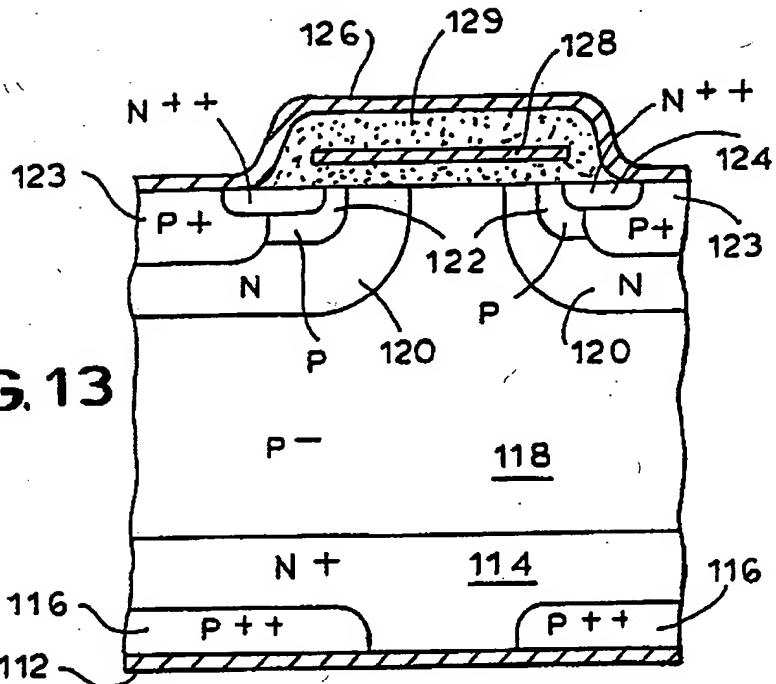


FIG. 13

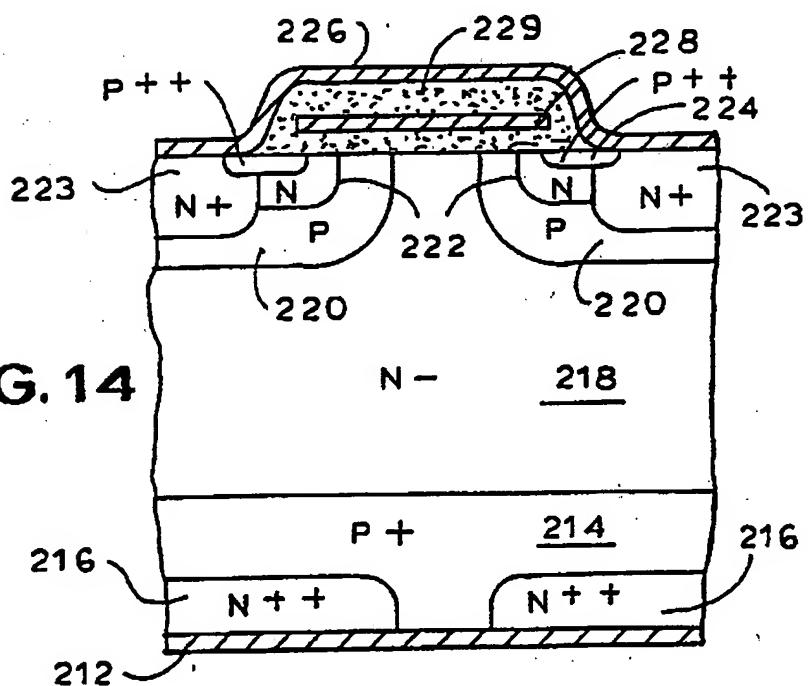


FIG. 14

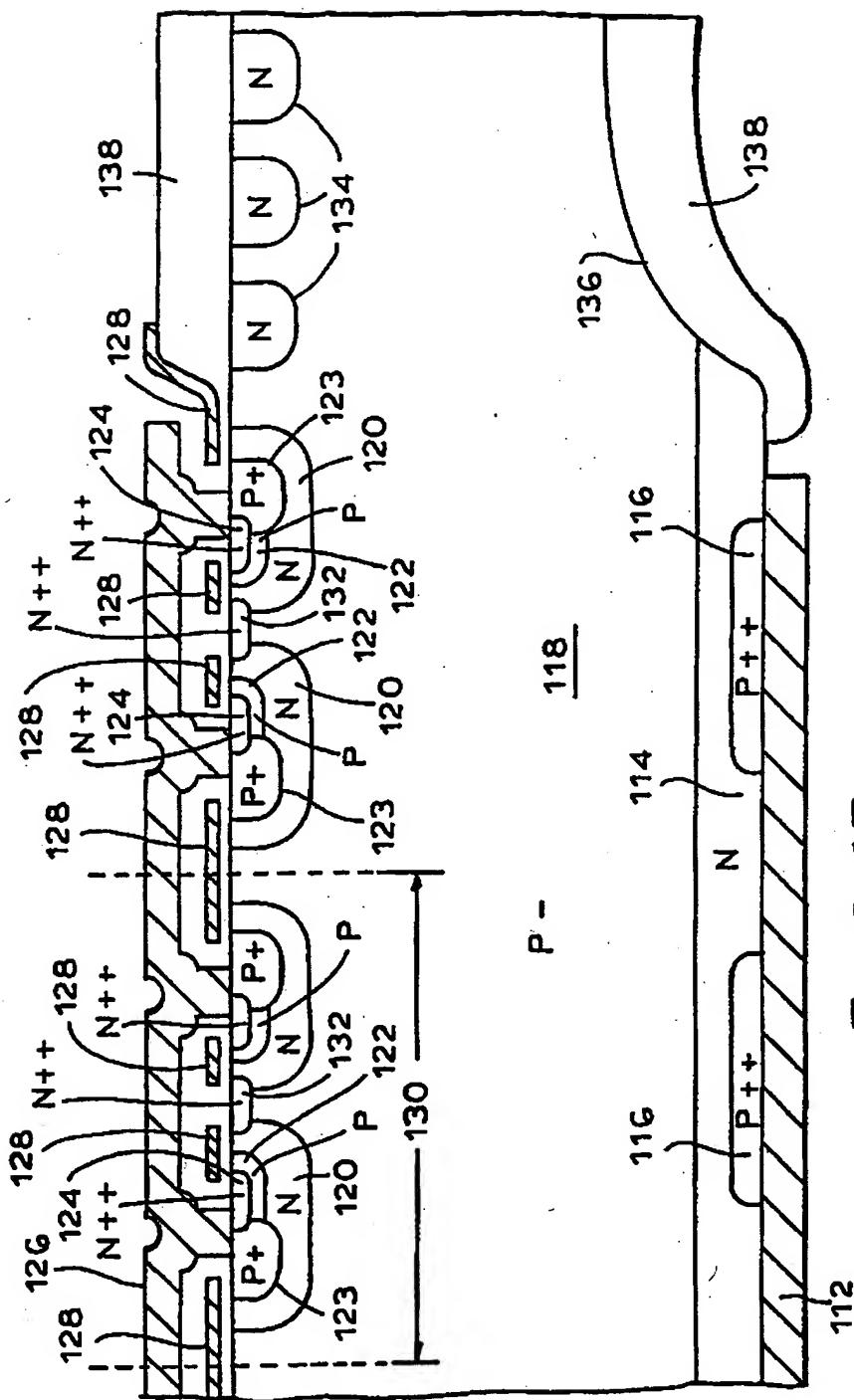


FIG. 15

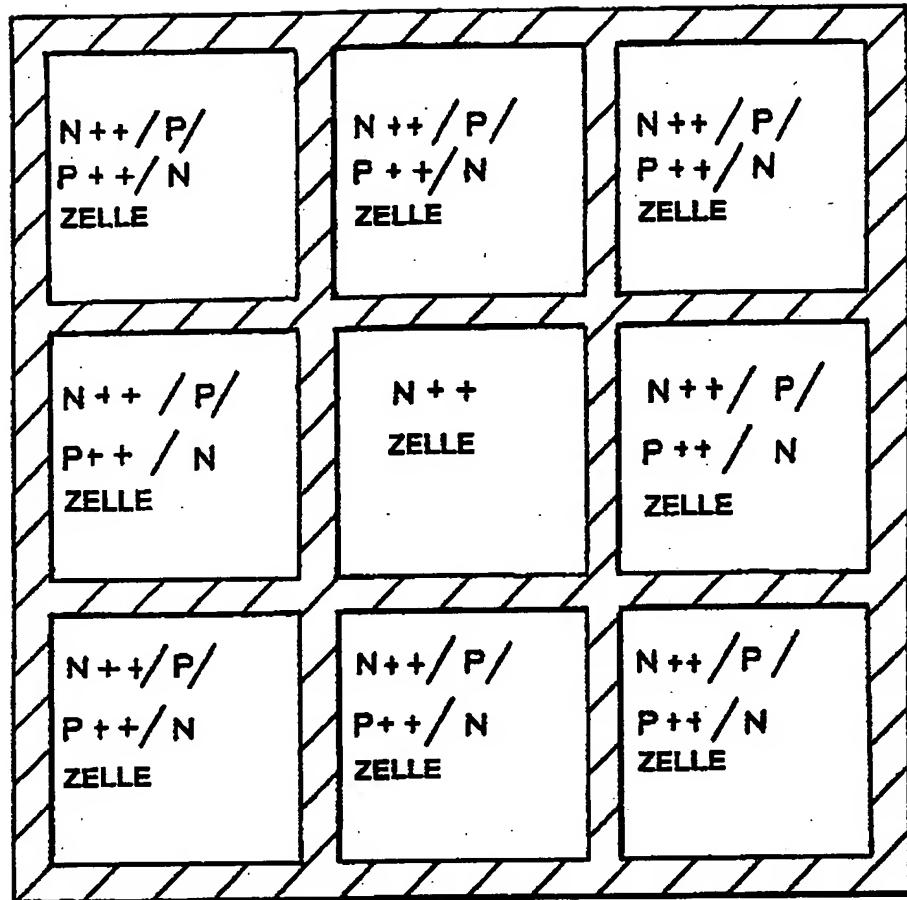


FIG. 16

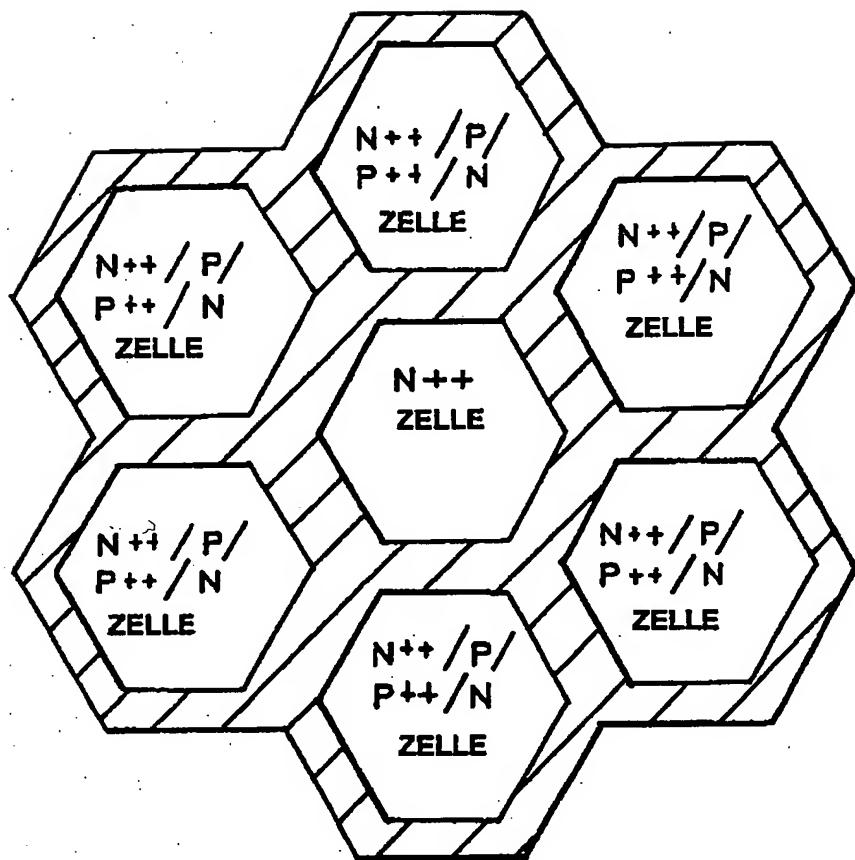


FIG. 17

FIG. 18

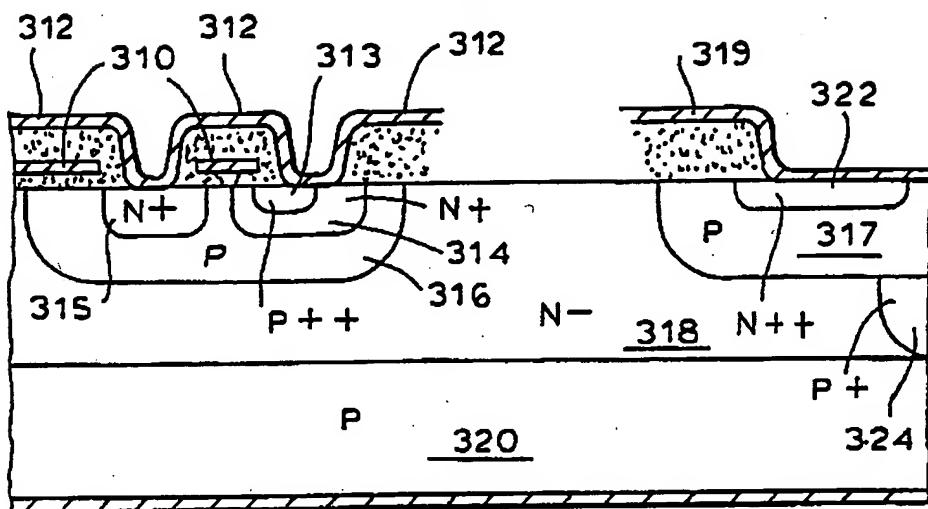


FIG. 19

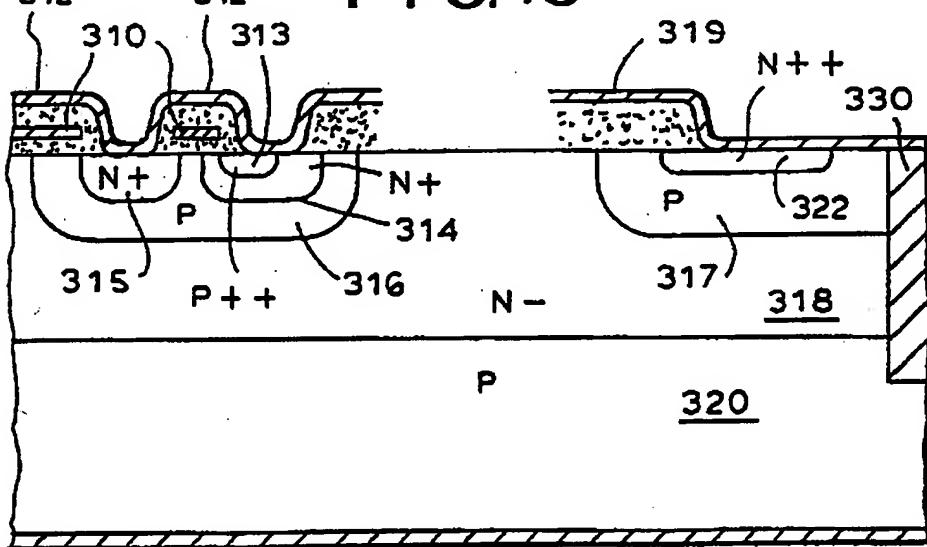


FIG. 20

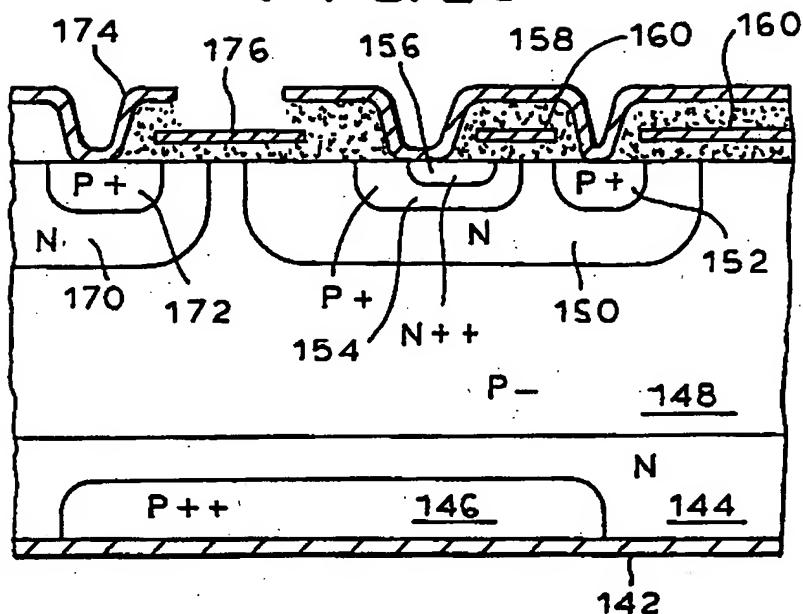


FIG. 21

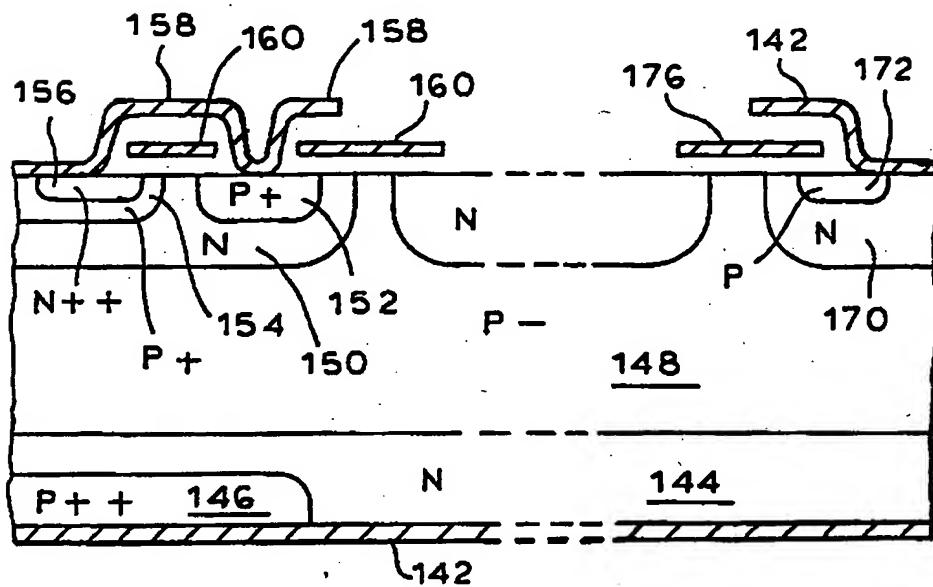


FIG. 22

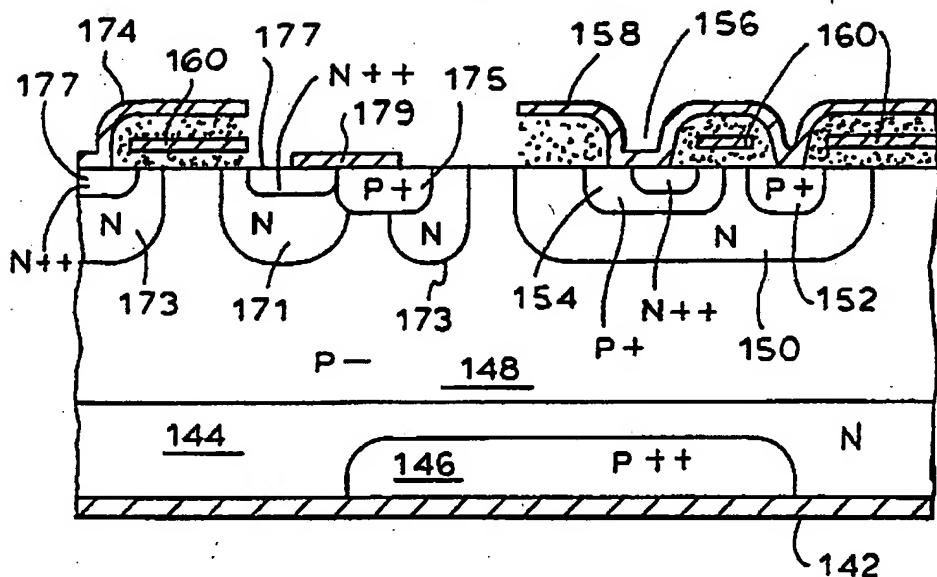


FIG. 23

